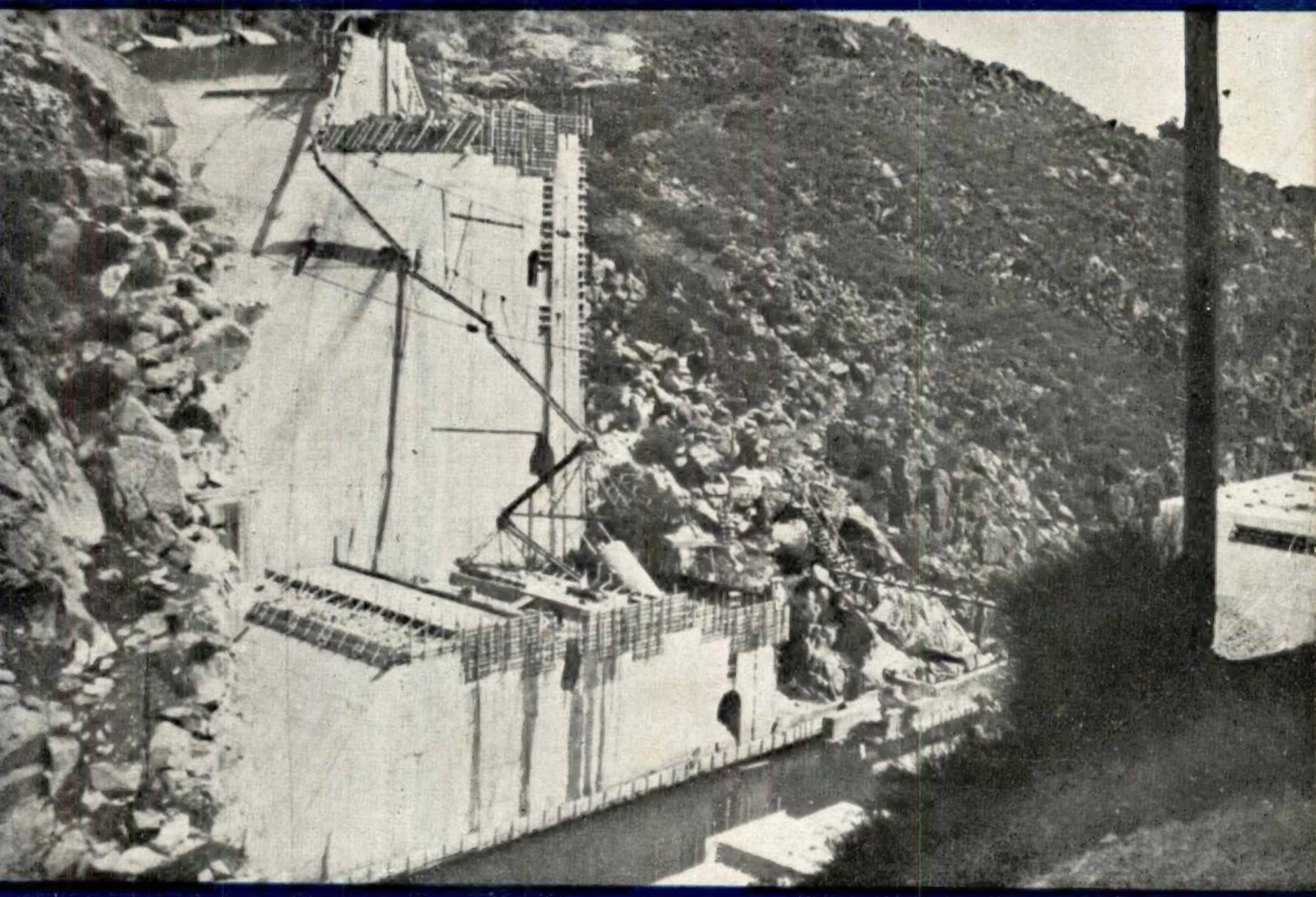
# TÉCNICA



## REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 149-Julho-1944

# CIMENTO

# SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

**S E C I L**

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

# União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

**SEDE**
**Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto**
**Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90**

**DELEGAÇÃO**
**R. António Maria Cardoso, 13, 2.º - Lisboa**
**Telefones 27232 — 27233 — Est. 365**

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LOGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

# CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

**A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.**

Pedidos à Companhia **"CIMENTO TEJO"**

SEDE EM LISBOA
**RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º**

FILIAL NO NORTE
**AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º**
**PORTO**

NÚMERO
149
Julho — 1944

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

**DIRECTOR**
JOSÉ DE LUCENA
**ADMINISTRADOR**
FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
**BIBLIOTECÁRIO**
ANTÓNIO BUSTORFF
**CORPO REDACTORIAL**
Eduardo de Abreu Nunes
Jorge Trigo Mira
Manuel dos Santos Rézio
António da Silva Salta
Luíz Pinto Elyseu
**Secção de Publicações**
Fernando Blanqui Teixeira

NÚMERO AVULSO 6$00

**ASSINATURAS:**

| | 3 N.os | 6 N.os | 12 N.os |
|---|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 16$00 | 30$00 | 58$00 |
| Colónias Portuguesas e Espanha... | — | 40$00 | 70$00 |
| Estrangeiro... ..... | — | 45$00 | 80$00 |

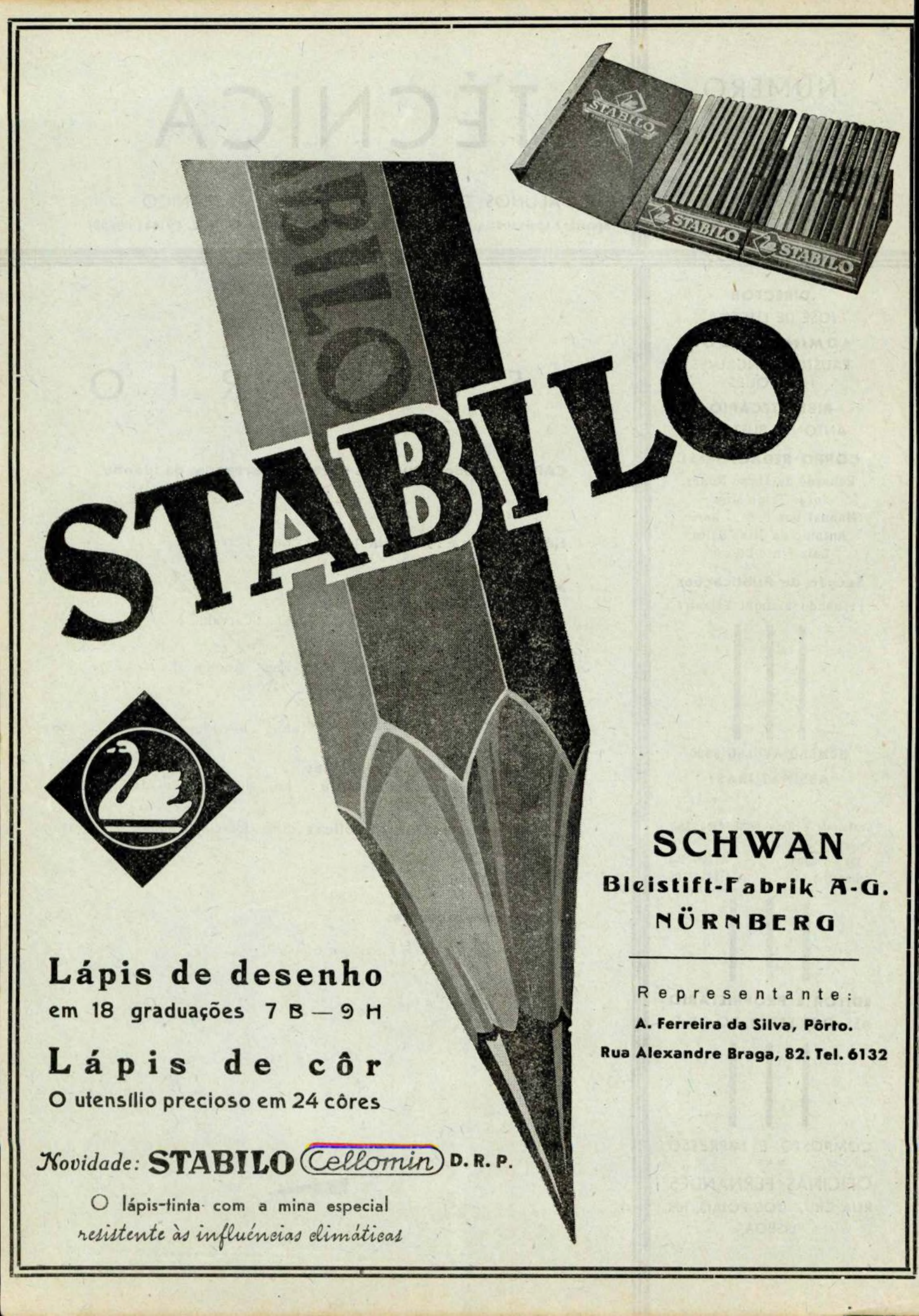
**EDITOR E PROPRIETÁRIO**
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

# SUMÁRIO

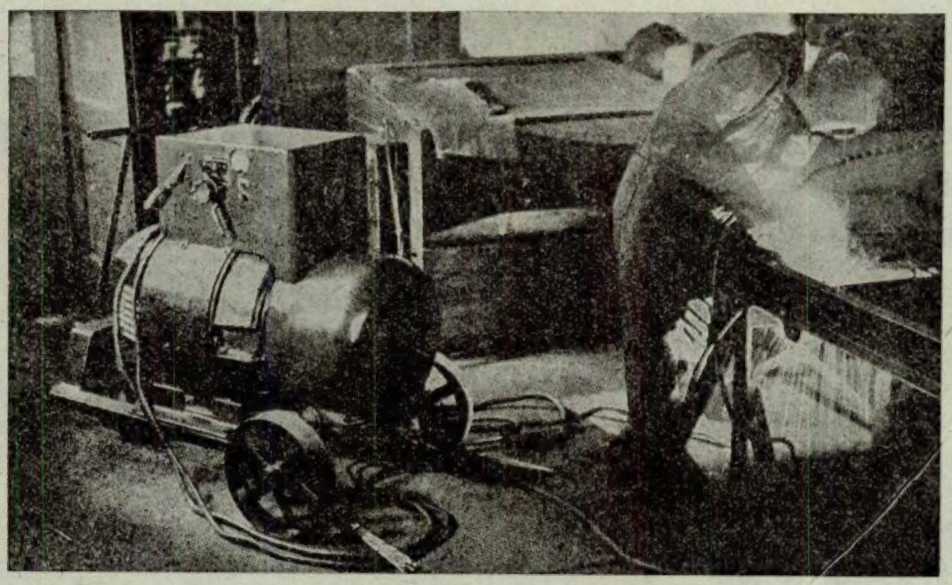
**CAPA — Estado actual das obras da barragem da Idanha**

| | | Págs |
|---|---|---|
| **Eléctricidade e indústria** . . . . | Eng.º Ferreira Dias . . . . . | 975 |
| **Medição de deformações de barragens pelo método trigonométrico** . . . . . | Eng.º Carvalho Xerez . . . . | 979 |
| **Concordância de trainéis por curvas parabólicas** . . . . . | Eng.º Adolfo M. da Cunha Amaral . . . . . | 989 |
| **Um conceito de probabilidade** | Eng.º José Pinto Machado . . | 1003 |
| **Determinação das deformações da Barragem de Santa Luzia** . | Eng.º José G. Pinto Machado | 1007 |
| **Fiscalização das Obras Públicas** | Eng. Horácio de Moura . . . | 1015 |
| **Bibliografia** . . . . . | . . . . . | 1029 |
| **Publicações recebidas** . . . . . | . . . . . | 1029 |


STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A-G.
NÜRNBERG
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas
Representante:
A. Ferreira da Silva, Pôrto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132

# GENERAL ELECTRIC

## Schenectady, N. Y.



Instalação de soldadura eléctrica com forno rotativo

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

**THOMSON**
**GENERAL ELECTRIC**

**Portuguesa, L.da**

LISBOA
**Rua do Norte, 5**

Telef. 28135-28136

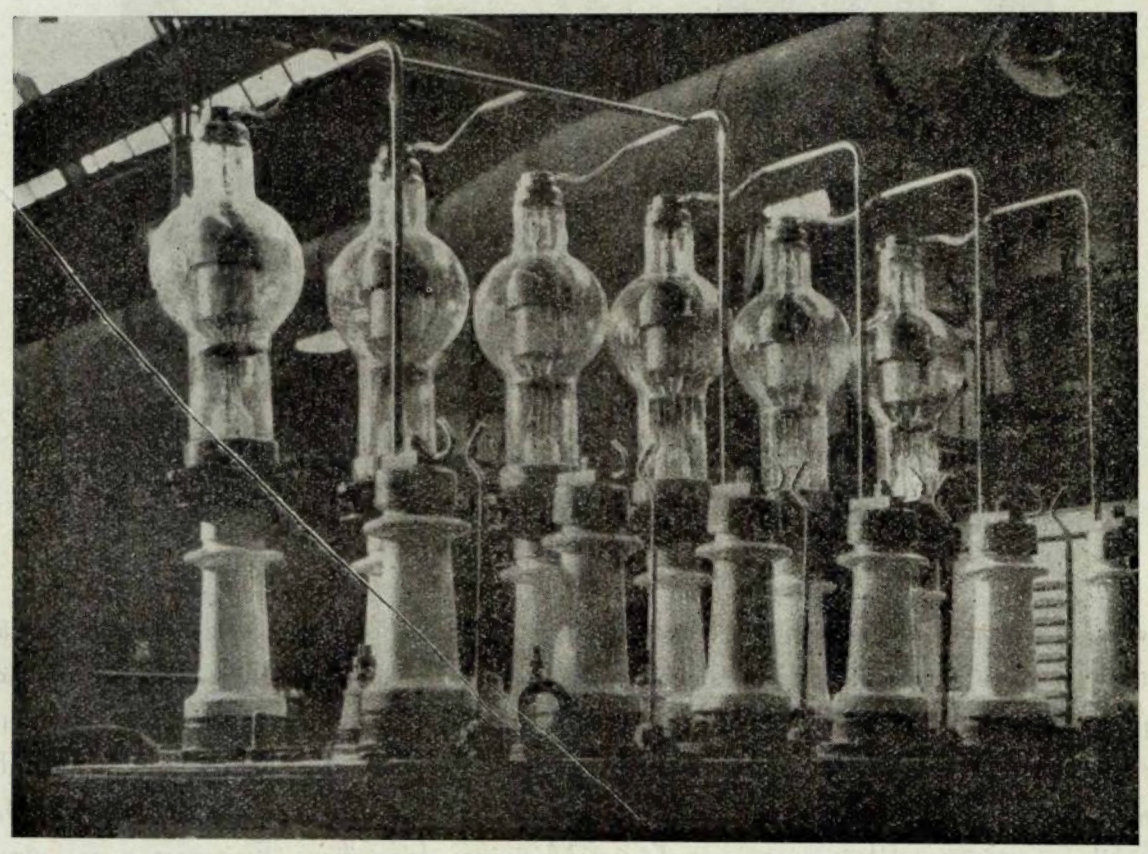
RÁDIO TELEFONES CABOS

# Standard Electrica

LISBOA

Rua Augusta, 27

Telefones: 23111-23112-23113



Um potente rectificador de alta tensão a vapor de mercúrio para alimentação anódica de uma emissora de rádio

Uma instalação do Sistema

*International Standard Electric Corporation*

# AÇOS DA «U. S. STEEL» PARA TODOS OS FINS

**HOJE NA GUERRA**

**ÁMANHÃ NA PAZ**

## UNITED STATES STEEL EXPORT COMPANY

30 CHURCH STREET, NOVA YORK — E. U. A.

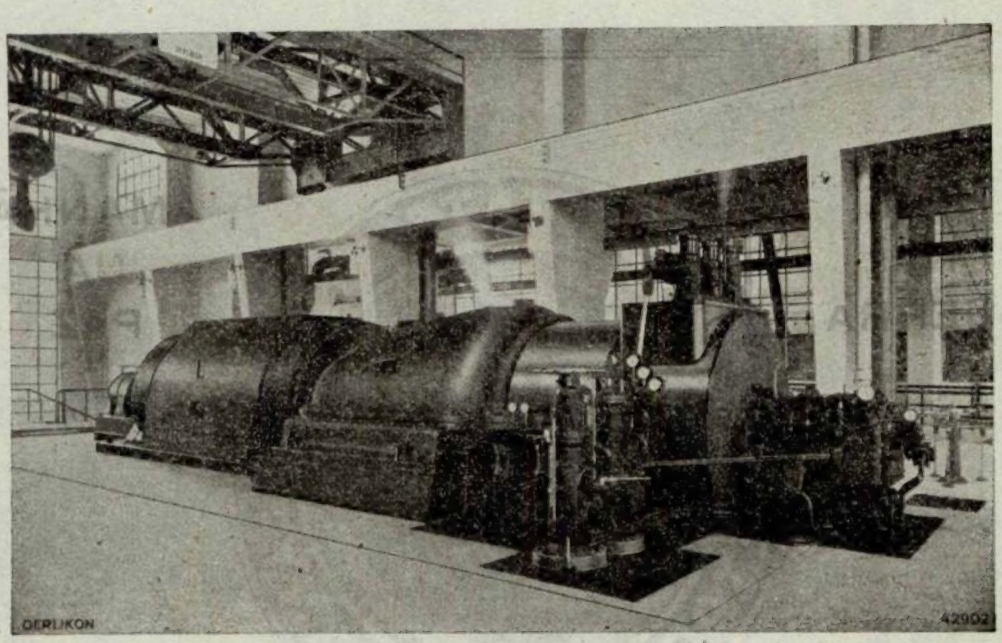
**AO SERVIÇO DO MUNDO**

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

(excepto para tubos)

**LISBOA** **Santos Mendonça, L.da** **PÔRTO**

# OERLIKON




**Grupo turbo-alternador Oerlikon de 30000 kW e ponte rolante de 74 t. da Central de Hameenlinna (Filândia)**

## PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

**Representante Geral para Portugal e Colónias**

**P. BELLASI**

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

**ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON**
**ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)**

TÉCNICA

JOSÉ DE LUCENA
DIRECTOR

ANO XIX - N.º 149 JULHO 1944

# ELECTRICIDADE E INDÚSTRIA

PELO ENG.º FERREIRA DIAS
PROFESSOR DO I. S. T.

Estávamos em Janeiro ou Fevereiro de 1926. Eu concluíra o curso 18 meses antes mas não perdera o contacto com a Associação dos Estudantes do I. S T. e acompanhara de perto, havia pouco, a criação da *Técnica*.

A direcção da revista — era ainda a primeira direcção — pediu-me um artigo de fundo; escrevi-o com a autoridade que me dava o não haver muitos, mais idóneos, que se prestassem a fazê-lo. Dei-lhe por título *O problema hidroeléctrico,* e veio a sair no número de Julho daquele ano, porque a greve académica interrompera a publicação da revista a partir de Março.

Copio, com grata recordação, algumas linhas:

> E ao pensarmos assim, o problema que nos era apresentado como uma *crise de produção* transforma-se insensìvelmente num outro mais grave que mais nos entristece ainda: a *crise de consumo.*
>
> No nosso raciocínio ainda hesitante, nesta ânsia de evolução e desenvolvimento que as pessoas de mais idade, umas vezes com razão, outras por imodéstia, costumam menosprezar, nasce a noção clara de que, tal como nos é posto, não existe o problema hidroeléctrico português.
>
> . . . . . .
>
> A análise da terceira condição é para nós um horizonte negro, mais negro do que o carvão que compramos aos inglêses, tão negro como tem sido para nós a última centena de anos: espoliados em tôdas as conferências sôbre as partilhas de África, perdidos em todos os excessos das paixões pessoais.
>
> Consumir electricidade! Aonde?
>
> Portugal — eis a parte negra — é um país que não consome electricidade.
>
> Atrás desta idéia visionamos uma figura definhada: a Indústria; atrás dela a legião dos sem trabalho e mais numerosa ainda a das multidões parasitárias que fingem que trabalham porque não têm onde trabalhar de facto; à vista dêste quadro sombrio, desta imagem dum povo que não trabalha o bastante para pagar o que come, o nosso raciocínio dispersa-se em busca de causas que não encontra claras.
>
> . . . . . .
>
> O problema que existe, grave, difícil, sem ter ainda bem definido o cami-

nho da solução, é o problema geral do fomento, o problema da nossa vitória na luta comercial.

A obra a fazer-se tem que ser de conjunto. Tem de começar-se a estudar simultâneamente a electrificação da rêde ferroviária, a criação de indústrias que não existem, a irrigação dos terrenos cultiváveis, a abertura de canais, a construção de grandes centrais, a redução sistemática das centrais térmicas particulares, e quantas outras coisas...

. . . . . .

Deixemos por hoje nesta breve generalidade aquilo que pensamos. Talvez mais tarde, se para êsse campo convergirem os acontecimentos, tornemos a falar, com êste azedume que mais realça a fé, no problema hidroeléctrico português.

Passaram 18 anos. Entretanto, a vida portuguesa modificou-se; mas o artiguinho de 1926 perdeu-se na multidão das coisas que não têm mérito ou que não têm sorte.

Seguiram-se outros rumos; trabalhou-se noutros campos; a electricidade e a indústria não lograram posição de vanguarda — indução longínqua, porventura, do desdém de Aristóteles pelas artes mecânicas; mas eu guardei sempre recolhidamente esta idéia de que não seria destituído de virtude o tentar convencer os portugueses de certas verdades, das quais, ainda mal saído da escola, já me convencera a mim próprio.

Não tem sido isento de dissabores o longo apostolado entre o grande número daqueles que não sabem, que não sentem ou que não crêem. A cultura técnica tem entre nós um âmbito limitadíssimo; a organização industrial nunca foi grande preocupação dos portugueses, cuja história económica sempre oscilou entre a agricultura e o comércio; não admira que um denso atavismo de dúvida pese sôbre as gerações presentes.

Não foi inteiramente inútil a persistência, que uma vez ou outra terá parecido impertinência; só é pena que o tempo, variável sempre crescente, tenha corrido bem mais do que o desejariam o meu entusiasmo, a minha certeza, a minha intuïção de oportunidade. Saber esperar é prudente; mas esperar sem impaciência tem o limite imposto pela condição humana:

. . . . . se não fôra
Para tão longo amor tão curta a vida!

Vieram a público recentemente as propostas de lei sôbre fomento industrial e electrificação. A direcção da *Técnica* pediu-me sôbre elas algumas palavras, dirigidas aos novos engenheiros, para saírem em artigo de fundo no próximo número de Julho. Fecha-se um ciclo de 18 anos exactos sôbre as primeiras linhas que escrevi acêrca de política industrial, quando ainda nem suspeitava como viria a fixar-se o rumo da minha vida. Quis o destino que eu pudesse tornar a falar no problema hidroeléctrico português depois das palavras ainda hesitantes de 1926.

Que se terá passado daqui a outros 18 anos? Quem virá dizê-lo na *Técnica* de Julho de 1962? Se puder, estarei presente; se já não puder, algum dos meus discípulos e amigos me saberá render.

* * *

Em portaria de 9 de Junho de 1936 foi nomeada uma comissão de professores para colaborar na reforma do Instituto Superior Técnico. As instruções vindas de cima eram no sentido de reduzir o número de especialidades.

Escolhido para relator, combati tenazmente aquela directiva por contrária à boa doutrina e inaceitável pela minha fé de sempre no engrandecimento da indústria e da técnica. Transcrevo da pág. 13 do relatório que foi entregue no Ministério da Educação Nacional:

> Conjuguemos estes números globais do presente com as perspectivas apontadas para os anos futuros, tenhamos uma pontinha de fé no progresso da nossa terra, e convencer-nos-emos de que acabar com algumas especialidades por terem sido pouco concorridas tem certo aspecto de uma

medicação sintomática — como atalhar uma dor sem lhe cuidar da causa.

Mas se não temos fé, se não queremos reagir, se nos conformamos com a situação de decadentes, se nos curvamos perante o fatalismo de termos uma indústria pobre, seria mais sincero acabarmos com as escolas do que estarmos a fundir cursos para manter a aparência de que ensinamos engenharia.

Pensemos no *deficit* da nossa balança comercial, que parece apontar-nos o desenvolvimento da indústria como uma das formas racionais de dar trabalho ao excedente da nossa população; pensemos na imensidade das nossas colónias cujo fomento industrial e mineiro se aponta como indispensável mas onde o número de engenheiros é de uma pequenez confrangedora — e veremos um aspecto do êrro que se comete com a fusão ou supressão de cursos.

As previsões confirmaram-se. O desequilíbrio do número de diplomados que o programa de Obras Públicas provocara, desde 1931, a favor do curso de engenharia civil, começou a atenuar-se a partir de 1940, e os últimos anos registam o regresso muito acentuado da população dos diferentes cursos às percentagens anteriores.

As recentes propostas de lei, criando ocasiões de trabalho, sobretudo para electrotécnicos, químicos e mecânicos, virão fixar um novo estado de equilíbrio e trazer novo argumento em defesa das especialidades existentes; a idéia da supressão de cursos, se é que ainda existe, vai perder posições. Esta é a primeira influência daqueles diplomas sôbre a nossa escola.

Três números bastam para definir a ordem de grandeza do que se projecta fazer no conjunto da 1.ª fase: 3 milhões de contos de capital imobilizado, 1.500 milhões de kWh anuais de energia produzida, meio milhão de contos anuais de aumento da produção industrial — 25 % da nossa importação em anos normais.

Estas cifras, grandes para a nossa modéstia, são bem pequenas em valor absoluto: quási 1,5 milhões de contos vai custar uma só fábrica em construção no Brasil — a siderurgia de Volta Redonda; perto de 2,5 milhões de contos projecta gastar a Suíça, apenas para construir centrais hidroeléctricas, no plano decenal previsto até 1953; cêrca de 4 milhões de contos, feita a conversão ao câmbio oficial, votou recentemente o govêrno espanhol só para o programa de combustíveis e indústrias anexas; um pouco mais de 16 milhões de contos era em 1938 o activo de uma só das grandes emprêsas industriais europeias: a I. G. Farbenindustrie.

Estes números não são motivo para desânimo, porque o desânimo só pode nascer de se não fazer nada; antes mostram que ao terminar a execução do plano presente, alguém deverá formular outro melhor e mais vasto, se puder.

A 1.ª fase do nosso programa tem a duração teórica de 8 anos, mas êste número só poderá ser respeitado se a vida internacional se normalizar sem grande demora e se nós, portugueses, por actos e não por palavras, tomarmos a decisão de não perdermos um dia, para nos penitenciarmos de termos perdido muitos anos.

Ainda que assim seja, a evolução terá que ser lenta e com ela a necessidade de técnicos dirigentes; mas a engenharia portuguesa será chamada a tomar na vida industrial uma posição e uma responsabilidade que hoje está longe de ter. Esta é a segunda influência sôbre a nossa escola.

No campo da electricidade, a Estatística das Instalações Eléctricas de 1942 regista 57 engenheiros ao serviço das entidades produtoras e distribuïdoras de energia; não custa a crer que dentro de 8 anos êste número atinja a centena. Nessa data ter-se-á triplicado a potência das nossas centrais, ter-se-ão construído alguns milhares de quilómetros de linhas de alta tensão, haverá mais uns centos de postos de transformação e respectivas rêdes; e muitos dos amadores que hoje dirigem, sem grande noção do que fazem, a maioria das pequenas e médias instalações existentes, terão sido substituí-

dos por profissionais: engenheiros, condutores, electricistas.

Na indústria, a situação há-de evoluir no mesmo sentido, porventura com maior intensidade. A 1.ª fase do programa dar-nos-á numerosas indústrias novas, algumas das quais classificaremos de grandes na relatividade do nosso meio (metalurgia do ferro, metalurgia do cobre, celulose, azotados); a reorganização das indústrias existentes substituïrá algumas centenas de unidades pobres e incapazes, onde raro se encontra alguém com um curso de escola elementar, por algumas dezenas de instalações satisfazendo a técnica, a higiene e a obra social mais exigentes, onde as idéias largas, criadoras e humanas do nosso tempo (que algumas tem) dominarão por direito de conquista.

No próprio campo pedagógico se abrem horizontes novos. A Electricidade, a Mecânica, a Química encontrarão mais numerosos e variados motivos para tema de visitas e tirocínios. Alargaremos a lista das nossas peregrinações de professores e alunos, fugindo um pouco daquela monotonia de meia dúzia de fábricas que em cada uma destas especialidades mereciam a honra e a despesa de uma visita; e sentiremos mais atenuada a tristeza de ler todos os anos, invariàvelmente repetidos por falta de novos assuntos, os mesmos relatórios de tirocínio. Esta será a terceira influência que a nossa escola há-de sentir.

* * *

Comerás o pão com o suor do teu rosto — diz o preceito divino (Génesis, III, 19). Quero, para findar, dizer aos futuros engenheiros em que deve consistir o seu suor para bem merecerem o pão — como quem diz, para bem colaborarem na obra nacional que vai começar-se.

Indústria não é a fabricação de curiosidades nascida da aptidão mais ou menos expontânea do povo. Indústria é ciência aplicada; um dos objectivos das propostas de lei é o de integrar a indústria portuguesa nos seus fundamentos científicos, como única base possível de evolução.

Ciência, pura ou aplicada, não é colecção de receitas empíricas; é um conjunto de conhecimentos sistematizados, fruto da inteligência sob o estímulo da perseverança e do amor ao estudo. Mas em Portugal estuda-se pouco — as próprias excepções o confirmam; e contra êsse mau ambiente tem que reagir o engenheiro, porque o bom engenheiro precisa ser estudioso da técnica e da organização, tem que acompanhar de muito perto a evolução do mundo no ramo a que se dedica, tem que experimentar, tem que medir, tem que ser um insatisfeito, tem que pensar e que sujeitar as suas idéias à dúvida metódica de Descartes.

Êste é o suor do engenheiro; esta é a sua única forma de colaborar na dignificação da indústria.

A missão nobre de um engenheiro não é manter uma actividade mas manter a sua primeira derivada—positiva, evidentemente; porque aquela tarefa é de rotina e só esta é de progresso. O técnico que se conforma com a rotina não tem o direito de criticar o indivíduo inculto que concorre com êle no comando da indústria; porque a rotina do diplomado é mais perigosa que a do amador — é menos suspeita.

Estudar, experimentar, aperfeiçoar são úteis apenas quando persistentes. Por isso a auto-crítica terá que ser permanente para que se corrijam sem demora os desvios da boa rota.

Procedendo assim, a engenharia será fecunda; e a indústria portuguesa passará a registar os mesmos êxitos que a de tantos outros países pequenos — êxitos que não resultam do acaso mas que são filhos, algumas vezes, das condições naturais, e quási sempre da competência dos homens.

Desta maneira, ao menos na vida industrial, acabaremos com a geração do velho do Restêlo.

# Medição de deformações de barragens pelo método trigonométrico

PELO ENG.º CARVALHO XEREZ

*Em lições que, para estudantes de engenharia, temos vindo a preparar sôbre Topografia, foi-nos possível incluir o interessante problema da medição de deformações de obras, apresentado, é claro, dada a preparação dos estudantes, sob o aspecto simples e teórico da determinação das componentes do deslocamento de um ponto material no espaço. Contudo, foi possível mostrar a importância para o engenheiro, especialmente o civil, do conhecimento dos instrumentos e métodos da Topografia na sua aplicação em problemas, como êste, de tão elevado interêsse técnico.*

*Por outro lado, o facto de dedicarmos parte da nossa actividade ao estudo de barragens levou-nos a pensar que seria interessante desenvolver estas lições, dando-lhes uma feição prática e utilitária, de modo a ser possível apresentá-las a engenheiros. Eis a razão por que julgámos de utilidade expor êste assunto ao conhecimento geral.*

## Introdução

De todos são bem conhecidas as enormes vantagens que resultam do conhecimento directo, em qualquer construção, do modo como esta se comporta, na realidade, sob a acção das verdadeiras fôrças actuantes.

Êsse conhecimento obtém-se por intermédio da determinação de deformações, quer locais, com extensómetros, delas se deduzindo o valor das tensões; quer integrais (deslocamentos), utilizando instrumentos aplicados na construção, como sejam o clinómetro, o pêndulo, a vara de medição, ou recorrendo ao método trigonométrico por meio de aparelhos colocados fora da construção.

O problema da determinação das deformações de uma barragem, que nos propomos tratar num dos seus aspectos, apresenta um interêsse especial, visto que a barragem é uma das estruturas que mais inabordável se apresenta ao cálculo. Com efeito, se considerarmos o caso, hoje o mais freqüente, de uma barragem com uma certa curvatura em planta e num vale que não seja extraordinàriamente largo, temos uma placa curva, espêssa e pesada, encastrada em 3 lados e submetida a acções diversas: a pressão da água, que é a única perfeitamente definida, a contracção do betão, a temperatura e as pressões hidráulicas internas. Ora, isto é mais que suficiente para não permitir que a teoria da elasticidade estude completamente o problema.

Por outro lado, o terreno de fundação deforma-se sob a acção da pressão exercida sôbre êle pela barragem e directamente pela água da albufeira, o que vem aumentar ainda as dificuldades que se apresentam ao cálculo. De-facto, uma barragem é uma das estruturas que mais depende do solo, considerando o grande desenvolvimento, superfície e volume do terreno interessado, de tal modo que, em certos casos, é mais importante o estudo da barragem natural constituída pelo terreno de fundação do que o da própria barragem. É por isso, também, que no

estudo de uma barragem deve percorrer-se inteiramente o terreno com a carta na mão, procurando conhecer tôdas as suas formas e acidentes, topográficos e geológicos, de modo que ao estudar-se a implantação tudo isso seja considerado. E, se a teoria da elasticidade chegar a vencer as dificuldades do carácter altamente complexo destas estruturas, restará sempre uma grande incógnita: a deformação do solo.

Mas outras dificuldades não devem também esquecer-se: são as que resultam do pouco que se conhece sôbre os fenómenos de imbibição e pressão hidráulica interna, sôbre a importância das manifestações que acompanham a prêsa do cimento e, especialmente, sôbre o exacto valor do módulo de elasticidade do betão (variável com o tempo e com as tensões).

Tudo isto são razões que levam os engenheiros a procurar descobrir, por via experimental, na própria construção, mais alguma coisa sôbre as hipóteses e os métodos para efectuarem os seus cálculos. Mas se, de-facto, se não consegue muito a êste respeito, pelo menos resta o conhecimento do modo como a obra construída se comporta e também a possibilidade de, mais seguramente, se poderem projectar obras análogas e de se colherem elementos de interêsse para o progresso dos ensaios em modêlo reduzido, que nos mostram um largo futuro como meio de auxiliar ou até mesmo dispensar o cálculo.

Outro aspecto importante das medições na construção, é o que resulta de assim ser possível seguir o comportamento da barragem através da sua longa vida, auscultando-a periòdicamente, e acudir a tempo a qualquer facto anormal que possa originar tensões exageradas. De facto, após a estabilização de certas deformações da obra e do terreno, de carácter permanente, a barragem deve apresentar deformações de natureza elástica dependentes da pressão da água e da temperatura.

A dificuldade em efectuar medições no estaleiro, fora do ambiente do laboratório, aliada à necessidade de se estabelecer uma certa periodicidade durante a vida da barragem, obriga a tratar cuidadosamente tôdas as operações, encarregando-se delas técnicos competentes, que, além de dons especiais de observador, possuam qualidades de iniciativa, de metodização e de análise dos resultados, de modo a serem capazes de, no futuro, registarem a tempo qualquer fenómeno anormal que surja no comportamento da obra.

Outra dificuldade, que não é menor, é a interpretação dos resultados das medições, considerando sempre os erros cometidos nas observações e as anomalias que elas apresentem, resultantes de qualquer êrro sistemático ou falta, ou ainda de um acidente na obra.

Fig. 1

Foi a análise de tôdas estas considerações que, no trabalho de fiscalização por parte da Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, levou a tratar-se cuidadosamente o problema das medições na barragem de

Santa Luzia (fig 1). É uma barragem abóbada pura, construída de betão, de 75 metros de altura máxima e que faz parte das obras do aproveitamento hidro-eléctrico do rio Pampilhosa (afluente do Zêzere), actualmente em exploração pela Companhia Eléctrica das Beiras.

Assim, ficaram instalados, no interior do maciço de betão, extensómetros (fig. 2) para medição de deformações locais, e termómetros para medição de temperaturas e estudo da sua propagação. Num dos números da

Fig. 2

revista «Técnica», apresentou o Eng.º Pinto Machado, que dirigiu a construção das obras, alguns dos primeiros resultados da auscultação sonora daqueles extensómetros.

As deformações integrais têm sido medidas pelo método trigonométrico e delas está encarregado o Eng.º geógrafo Orlando Rodrigues. Logo que existam resultados concretos sôbre essas medições, êles serão dados a conhecer.

Pensa-se agora em montar elongâmetros, para a medição de deformações locais no paramento de jusante, e estudo do comportamento das juntas de contracção, assim como clinómetros para a determinação de deslocamentos angulares.

Promoveu-se, também, a realização de ensaios em modêlo reduzido, cuja primeira finalidade consistirá em aproveitar os resultados das medições na barragem para se avaliar do comportamento do modêlo respectivo.

Os ensaios vão ter lugar no Laboratório do Centro de Estudos de Engenharia Civil, que funciona no Instituto Superior Técnico, dêles foi directamente encarregado o Eng.º Manuel Rocha, e a sua realização será conduzida sob a orientação da Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, representada pelo Eng.º Pedro Nunes, que colabora na execução dos ensaios, esperando aqueles serviços tirar o máximo partido dêstes estudos para efeitos dos projectos das grandes barragens previstas.

De tudo se procurará dar, na devida altura, a necessária notícia técnica.

## Princípio do método

A medição das deformações de uma barragem pelo método trigonométrico tem por fim a determinação de deslocamentos no espaço de pontos da barragem, que são materializados por marcas especiais colocadas, em geral, no coroamento e no paramento de jusante.

Vem a propósito dizer que o método trigonométrico não é exclusivo das barragens, aplicando-se, evidentemente, a qualquer outro tipo de construção, especialmente às pontes, caso a que faremos referência quando fôr oportuno.

Nesses deslocamentos convém considerar, para efeitos de medição, duas componentes: a horizontal, a maior no caso das barragens, e a vertical; em geral, são diferentes os métodos e instrumentos utilizados na respectiva determinação.

Vejamos, primeiramente, como se apresenta o problema da determinação da componente horizontal. Consideremos uma marca $M$ do paramento de jusante, dois pilares $I$ e $II$ encastrados no terreno, a jusante da barragem, e uma marca $m$ de referência encastrada também no terreno; suponhamos que o terreno onde se encontram os pilares e a marca não sofre qualquer deformação por virtude da pressão da água e da da barragem. O problema consiste, então, em de-

terminar (fig. 3) o deslocamento horizontal da marca $M$ da barragem, relativamente aos pilares considerados fixos, para o que basta estacionar com um teodolito de precisão em cada um dêles e medir os ângulos que, em duas épocas distintas $A$ e $B$ (entre as quais se deseja obter o valor das deformações), a direcção para a marca fixa no terreno forma com a direcção para a marca móvel da barragem; a diferença $\Delta\alpha$ entre êsses ângulos permite determinar a nova posição

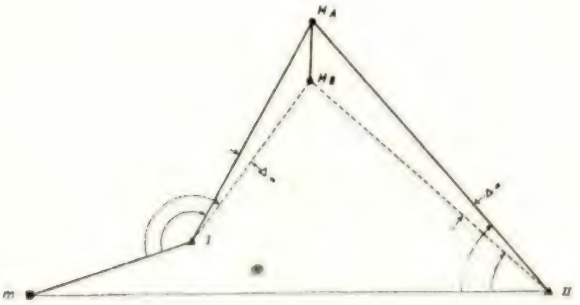


Fig. 3

$M_B$ da marca, relativamente à posição $M_A$.

Esta determinação efectua-se, fàcilmente, por via gráfica e precisa, desde que se faça

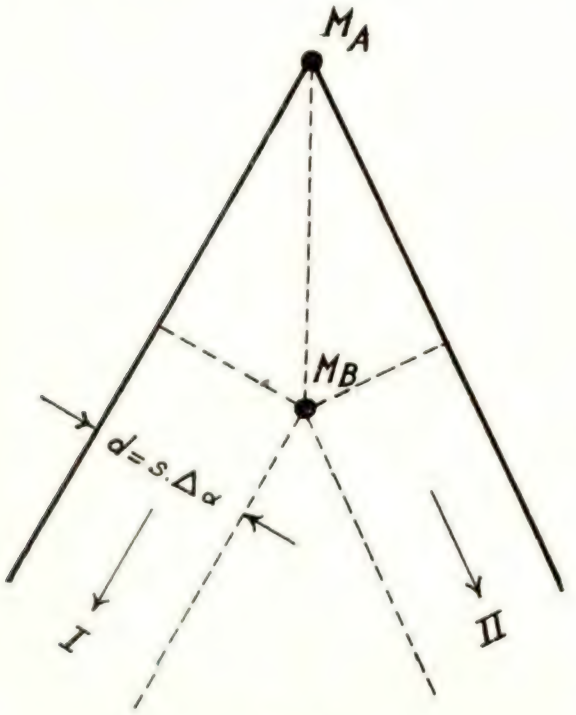



Fig. 4

uma construção em grande escala, considerando que, na vizinhança da marca $M$ (fig. 4), as visadas nas duas épocas podem tomar-se paralelas e a uma distância igual ao produto da diferença angular $\Delta\alpha$ pela *sensibilidade* $s$ da visada (é o deslocamento linear correspondente ao deslocamento angular de uma unidade de ângulo, v. g. 1 segundo centesimal).

A-fim-de aumentar a precisão dos resultados e conhecer melhor o valor dos erros,

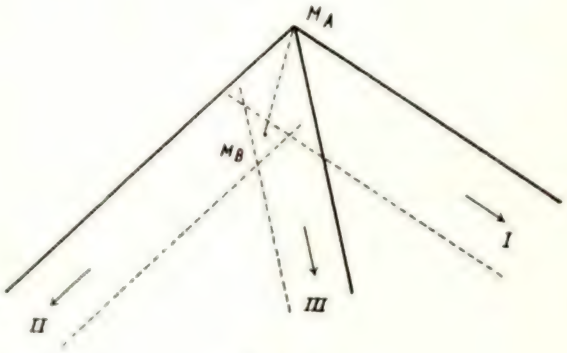



Fig. 5

convém que as marcas da barragem possam ser observadas de um terceiro ponto, obtendo-se então um triângulo de êrro (fig. 5), e ficando a posição mais provável de $M_B$ no interior dêsse triângulo, a qual pode ser determinada a «sentimento» tendo mentalmente em atenção as sensibilidades das visadas, as condições de observação dos ângulos, etc.

Eis em que se baseia fundamentalmente o método trigonométrico da medição de deslocamentos horizontais.

Estes deslocamentos podem ainda obter-se por um processo mais rigoroso em que não intervêm medições de ângulos, o qual consiste em estabelecer um *alinhamento* entre dois pontos fixos situados nas duas margens e medir relativamente a êle os deslocamentos de pontos da barragem, situados na vizinhança do alinhamento e que se movam segundo direcções que lhe sejam pràticamente normais. O alinhamento é definido por um teodolito estacionado num pilar e por uma marca situada na outra margem; na barragem são colocadas miras móveis

que, levadas de cada vez ao plano vertical do alinhamento, permitem a medição dos deslocamentos sôbre uma escala graduada fixa em relação à barragem.

O emprêgo dêste método só é possível em condições restritas, em virtude da obrigatória posição relativa das marcas e do alinhamento, mas êle encontra facilidades de aplicação para pontos situados no coroamento da barragem, podendo assim conjugar-se com o método trigonométrico na determinação dos deslocamentos dêsses pontos e também no melhor estudo da precisão dos resultados.

Resta agora fazer uma rápida referência aos deslocamentos verticais. Um dos processos para a sua determinação consistiria em, simultâneamente com a medição dos ângulos horizontais, serem medidos ângulos verticais com o teodolito. Ora, a medição dos ângulos verticais é feita com uma precisão muito inferior à dos ângulos horizontais e como, por outro lado, a ordem de grandeza dos deslocamentos verticais é menor que a dos horizontais resulta que êsse processo não permitiria tirar conclusões rigorosas, podendo, apenas, dar indicações de ordem qualitativa. Os erros que originam a menor precisão com que se obtêm os ângulos verticais são o de calagem do nível do limbo, o da medição da altura do eixo dos munhões acima do pilar e, principalmente, o devido à refracção atmosférica, que é diferente nas várias épocas de observação (podem ser o verão e o inverno), especialmente por se tratar de visadas feitas em vales, geralmente apertados, e até, algumas vezes, com o ar saturado de vapor de água em virtude do funcionamento da descarga de fundo da barragem.

Pode então recorrer-se ao nivelamento geométrico de precisão, determinando o deslocamento de escalas graduadas colocadas na barragem, relativamente a escalas encastradas na rocha, sensìvelmente ao nível daquelas e consideradas fixas; utilizam-se para isso níveis estacionados em pilares situados na rocha em posição tal que seja possível efectuar visadas horizontais para as escalas, o que restringe as possibilidades de aplicação dêste método a todo o paramento de jusante da barragem. A conveniência em adoptar o método das visadas iguais, para a eliminação dos erros devidos à refracção atmosférica, construindo, por isso, o pilar de observação a igual distância das escalas fixa e móvel, condiciona ainda mais aquelas possibilidades de aplicação; se não fôr possível proceder dêste modo, só podem comparar-se observações efectuadas em épocas do ano e a horas do dia em que se admita ser idêntico o coeficiente de refracção.

O nivelamento geométrico de precisão pode ter largas aplicações na determinação de deformações verticais de estruturas, onde aquelas predominem, como sejam os arcos das pontes, e também na do assentamento de quaisquer tipos de obras. Nas barragens pode ainda apresentar-se a possibilidade de um assentamento do terreno de fundação sob o pêso da barragem e da água da albufeira, questão que pode ser estudada por intermédio de uma linha de nivelamento geométrico de alta precisão, apoiada em marcas situadas fora da acção dêsse possível movimento do terreno.

## Preparação das observações

Os trabalhos preparatórios consistem na colocação das marcas na barragem e na rocha, na construção dos pilares para o estacionamento dos aparelhos e no estabelecimento de uma pequena triangulação topográfica, com medição de uma base, para se conhecerem as distâncias e posições relativas dos pilares e marcas.

Na figura 6 está indicado o esquema de uma triangulação do trabalho de medição de deformações da barragem gravidade de Schräh na Suíça.

A-fim-de se averiguar da hipótese de um deslocamento dos pilares de observação, é conveniente estabelecer fora da zona de um possível movimento do terreno, outros pilares e marcas de referência que funcionam relativamente àqueles como êles funcionam em relação às marcas da barragem.

A necessidade de garantir o maior rigor possível na determinação dos ângulos horizontais, pois estamos em presença de um trabalho de precisão geodésica, em virtude do pequeno valor dos deslocamentos a determinar, obriga a tratar cuidadosamente, nos trabalhos preparatórios, a questão do tipo das marcas e a da centralização do teodolito.

Quanto ao tipo das marcas, é necessário que êle permita uma rigorosa pontaria e, por isso, convém que seja de face plana, a-fim-de evitar o «êrro de fase» que, por ser de natureza sistemática e variável com a hora de observação, poderia ter graves conseqüências. Os tipos de marcas mais usados estão representados na figura 7.

Algumas vezes, prefere-se a realização de observações nocturnas para deminuir a acção das perturbações atmosféricas, usando-se, neste caso, sinais luminosos especiais ou então marcas (fig. 8) que se iluminam, como se procedeu recentemente para a determinação [1] das deformações do arco central do Viaducto Martin Gil sôbre a albufeira de Ricabayo, no Esla (afluente do Douro), em Espanha.

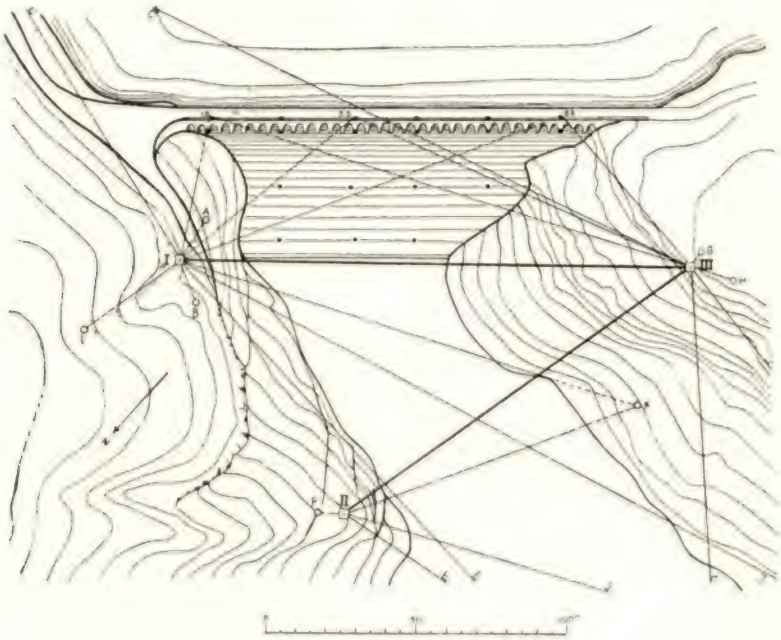


Fig. 6

Fig. 7

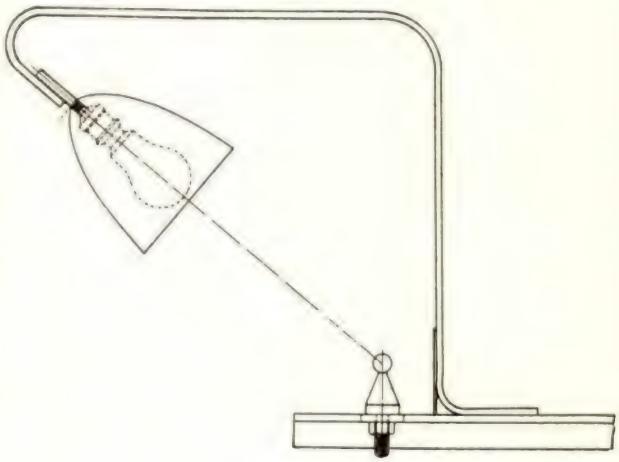


Fig. 8

(1) Vid. Revista de Obras Públicas, Dez. de 1940.

A centralização do teodolito tem especial importância, pois é necessário que o eixo principal ocupe sempre a mesma posição nas várias épocas de observação. Com efeito, um determinado êrro de centralização manifesta-se integralmente num deslocamento das visadas qne são normais à direcção do êrro. O melhor seria utilizar tantos aparelhos quantos os pilares de observação, a-fim-de não os retirar da sua posição. Contudo, nos trabalhos correntes, uma centralização feita com as bases especiais que acompanham os aparelhos, ou por intermédio de dispositivos particulares adaptados aos pilares satisfaz perfeitamente. O observador deve circular sôbre um estrado independente do pilar.

## As observações

O rigor com que se torna necessário determinar os valores dos ângulos horizontais é tal que as observações devem ser consideradas de precisão geodésica. Para o compreender basta notar que a sensibilidade de uma visada com um comprimento de 64 m, valor normal neste tipo de observações, dá origem a um deslocamento linear de 1 mm para um deslocamento angular de, apenas, 10 segundos centesimais, donde se conclui sôbre a precisão angular que é necessário atingir para que as deformações sejam determinadas com a aproximação de 1 mm, considerando também os restantes erros (pontaria e centralização).

Já vimos os primeiros cuidados a ter nos trabalhos preparatórios para reduzir os erros de pontaria às marcas e de centralização do aparelho.

Trata-se agora de estudar o problema das observações pròpriamente ditas com o teodolito. Em primeiro lugar, é necessário escolher um aparelho que permita uma grande precisão nas leituras, para deminuir o êrro acidental correspondente, o que conduz à utilização de teodolitos de alta categoria còm limbos horizontais de grande diâmetro e dispositivos especiais (micrómetro óptico) de determinação das fracções da menor divisão do limbo; utilizam-se então aparelhos do tipo Wild T 3 (fig. 9).

Apresenta-se, em segundo lugar, a questão dos erros resultantes de defeitos residuais de construção e rectificação do teodolito. O caminho seguido na geodesia consiste em adoptar métodos de observação (observações conjugadas e reiteração) que permitam eliminar, na medida do possível, os erros de natureza sistemática e reduzir os aciden-

Fig. 9

tais; fica apenas um único êrro sistemático não eliminável por métodos de observação, que é o êrro de verticalização do eixo principal, podendo, contudo, corrigir-se as observações, desde que se determine a inclinação do eixo dos munhões, no momento de observação, por intermédio de um nível cavaleiro de grande sensibilidade. Assim se obtêm os valores mais prováveis dos ângulos, cuja precisão aumenta com o número de giros de horizonte.

Ora, aqui, o problema não se apresenta como na geodesia, o que vem simplificar a questão no que respeita ao número de giros, pois o seu grande número traria grandes dificuldades de tempo, visto que há bastantes marcas a observar de cada estação. Com efeito, não nos interessam os valores

mais prováveis dos ângulos, mas, de facto, apenas as diferenças entre êles, donde deriva o método de trabalho que consiste em observar sempre com o mesmo teodolito e na mesma zona do limbo, isto é, em adoptar sempre a mesma origem (com a aproximação de alguns segundos) para os giros, a-fim-de cada direcção cair sempre no mesmo intervalo da graduação do limbo ou excepcionalmente, no intervalo consecutivo. Dêste modo, pode reduzir-se o número de giros a 4 ou mesmo a 2, o que simplifica bastante o trabalho.

Há, contudo, o êrro de verticalização do eixo principal que, como se sabe, subsiste sempre e depende da precisão com que é feita aquela verticalização. Êsse êrro, cuja expressão é $\alpha$ cot z (em que $\alpha$ é a inclinação do eixo principal num plano normal ao plano de visada e $z$ o ângulo zenital), cresce, portanto, bastante ràpidamente com a inclinação da linha de visada, e pode, por isso, tornar-se perigoso quando se trata de visadas feitas de pilares situados num nível muito diferente do das marcas.

Ora, por maior que seja a sensibilidade do nível principal do teodolito, não é possível obter uma rigorosa verticalização, tanto mais que a sua calagem precisa torna-se mais difícil á medida que aumenta aquela sensibilidade.

Disto se deduz a necessidade de corrigir as observações com o auxílio de um nível cavaleiro bastante sensível, permitindo obter a inclinação do eixo dos munhões, que é, de facto, a que determina a inclinação do plano de visada.

Ainda àcêrca dêste êrro, interessa fazer referência ao facto de não ser pràticamente possível a montagem de um nível cavaleiro no teodolito Wild T3. Mas como o nível principal, colocado normalmente ao plano de visada, é bastante sensível, pode determinar-se a inclinação $\alpha$ do eixo principal com êsse nível, desde que se observe cada marca em posições conjugadas da luneta, o que obriga a adoptar o método dos ângulos com a marca referência (cada marca da barragem é combinada separadamente com a marca referência na rocha por meio de um par de observações conjugadas, *DP* e *IR*), a-fim-de decorrer o menor período de tempo possível entre as leituras da bôlha do nível.

Quanto à precisão das observações dos ângulos horizontais, ainda haveria que mencionar a importante influência da refracção lateral, quando as visadas passam próximas de maciços rochosos, como sucede, com freqüência, em gargantas muito apertadas. É assunto que tem de ser abordado com muita atenção e estudado caso por caso, considerando a natureza dos erros que daí possam resultar. Assim o estudou também o Eng.º Orlando Rodrigues no caso especial da barragem de Santa Luzia.

No caso de se tratar da determinação de deformações de arcos de pontes, provocadas pela acção do vento, é necessário efectuar observações simultâneas dos 3 pilares, o que obriga a possuir 3 teodolitos, que se conservam nos pilares, e também 3 operadores.

Finalmente, resta abordar o problema relativo ao traçado dos *alinhamentos*, que são definidos por uma marca encastrada na rocha de uma das margens e pelo aparelho estacionado num pilar na outra margem, alinhamentos que se supõem fixos. As miras destinadas a medir os deslocamentos normais ao alinhamento podem ser do tipo

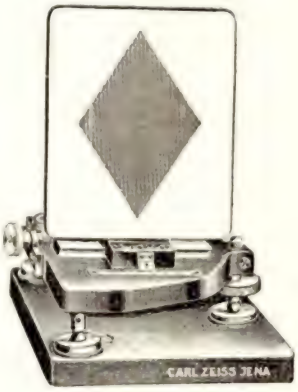



Fig. 10

construído pela casa Zeiss e representado na figura 10; elas permitem uma rigorosa centralização sôbre a chapa suporte, que se encastra na barragem, e movem-se em face

# AUTOMATIC TELEPHONE & ELECTRIC COMPANY LTD.

LONDON LIVERPOOL

## SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÃO E DE SINALIZAÇÃO POR CORRENTES FRACAS

Aparelhagem telefónica automática «STROWGER» — de fama mundial — para grupos de rêdes completos ou centrais isoladas. Telefones de sistema manual e aparelhagem das respectivas estações. Sistemas de transmissão telefónica por «alta freqüência», simples ou múltiplos e aparelhagem acessória. Instalações de vigilância e controle a distância. Telefones e sinalização para minas. Aparelhos «ELECTRO-MATIC» reguladores de tráfego de veículos e outra aparelhagem.

Fornecedores da Administração Geral dos Correios, Telégrafos e Telefones para a automatização da Rêde Telefónica Nacional

**Representantes em Portugal:**

**THE ENGINEERING COMPANY OF PORTUGAL LTD.**

**Rua dos Remolares, 12, 1.º — LISBOA**

**Telefone: P. B. X. 24011/2/3**

# EMILE HAEFELY & Cie S. A.

BÂLE—SUÍÇA

**Transformadores de Potência**
**Transformadores de Medida**
**Transformadores de Ensaio**
**Condensadores Estáticos**
**Material isolante para alta tensão**
**Bobinagens**

AGENTES GERAIS:

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46 — LISBOA

de uma escala graduada fixa relativamente àquela chapa.

Quando os pontos de que se pretendem determinar os deslocamentos e também a marca de referência se encontram sensìvelmente ao nível do eixo dos munhões do aparelho, o problema da eliminação dos erros sistemáticos não é de considerar; é o caso geralmente de se desejar apenas determinar o deslocamento de pontos do coroamento de uma barragem abóbada. Mas se, no caso de barragens gravidade, interessar o conhecimento do deslocamento de pontos a diferentes altitudes e situados no mesmo alinhamento (fig. 11), então já os erros sistemáticos residuais de construção e rectificação do

Fig. 11

teodolito podem ser perigosos. Os erros mais importantes a considerar são o de colimação e o de inclinação do eixo dos munhões que, em parte, fàcilmente se eliminam, com observações conjugadas; contudo, resta sempre um êrro que é o de verticalização do eixo principal.

Êste podia ser eliminado, corrigindo se as observações por intermédio de leituras na bôlha de um nível cavaleiro sensível, mas, na prática, conforme indicam alguns autores, basta calar o nível antes de cada uma das observações, na posição directa e na inversa, o que transforma o êrro sistemático em acidental, susceptível então de ser reduzido por repetição das operações.

Portanto, o método de traçado dos alinhamentos consiste em efectuar um número par de observações, metade na posição directa e a outra na inversa, calando sempre o nível cavaleiro. No caso do teodolito T 3 deve calar-se o nível principal antes de cada observação.

A cada Zeiss constrói um aparelho especial (fig. 12) destinado ao traçado dos alinhamentos, que está preparado para uma rigorosa centralização, não possui limbo horizontal por não ser necessário, e é munido de um nível cavaleiro de grande sensibilidade.

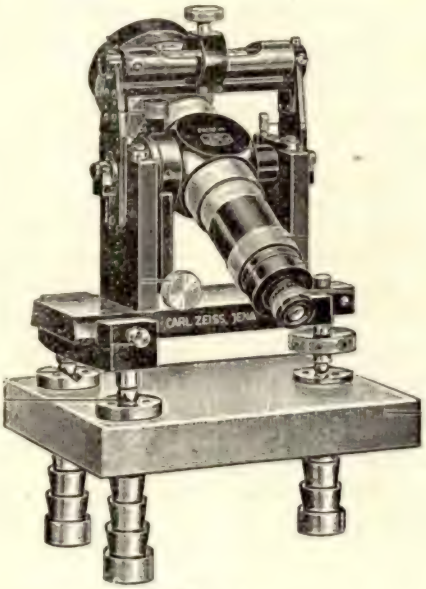



Fig. 12

O método dos alinhamentos, volta a repetir-se, é mais rigoroso do que o trigonométrico, visto que não envolve medição de ângulos, mas tem limitadas possibilidades de aplicação.

Interessante é mencionar ainda uma origem especial de êrro que, se não fôsse desprezável, poderia influir no método trigonométrico, quando se trata de albufeiras de grande capacidade. É o que resulta do ângulo entre as duas direcções distintas da vertical do lugar, isto é, do eixo principal do instrumento, correspondentes às épocas de observação com a albufeira vazia e cheia, ângulo que é devido à influência da massa da água nos efeitos de atracção das massas topográficas.

## Precisão dos resultados

Dada a finalidade prática do que se acaba de expor, é necessário terminar pelo estudo da precisão atingível nestas determinações.

Uma primeira idéia sôbre essa precisão pode resultar da análise dos erros cometidos

com os aparelhos e métodos de observação e do posterior estudo da composição teórica dêsses erros. Ora, dado a ignorância em que se está sempre relativamente ao conhecimento da natureza, verdadeiro valor e influência de certos erros, difìcilmente êsse método conduziria a resultados aceitáveis, e geralmente por defeito.

Resta então a única solução aceitável e exacta, que consiste em deduzir a precisão de resultados práticos de observações, a partir das dimensões do triângulo de êrro na hipótese de existirem 3 pilares de observação em posição conveniente ou das do segmento de êrro se dois dos pilares estiverem muito próximos um do outro.

Trabalhos efectuados na Suíça e em França mostraram que os valores máximos do raio médio de indecisão relativo ao triângulo de êrro não ultrapassam 1 mm. As conclusões a que já chegou o Eng.º Orlando Rodrigues, no que se refere ao segmento de êrro, correspondem também a uma precisão equivalente. Isto é, podemos admitir que os deslocamentos horizontais são pràticamente determinados com a aproximação de 1 mm.

O método dos alinhamentos permite obter uma precisão dupla daquela para a componente do deslocamento normal ao alinhamento.

A medição dos deslocamentos verticais por meio da observação de ângulos com o teodolito só pode dar indicações de ordem qualitativa, ao passo que o emprêgo de níveis permite atingir a precisão do nivelamento geométrico.

## Conclusões

O que se acaba de expor mostra a importância, para o engenheiro civil, do conhecimento dos métodos e instrumentos da Topografia na sua aplicação em problemas directamente ligados à técnica da sua especialidade.

Embora não seja das atribuïções do engenheiro a execução das operações de medição, pois trata-se de trabalhos de alta precisão e exigindo, por isso, uma técnica delicada, êle deve, contudo, conhecer as possibilidades dos referidos métodos e instrumentos, a-fim-de tirar dêles a maior vantagem possível.

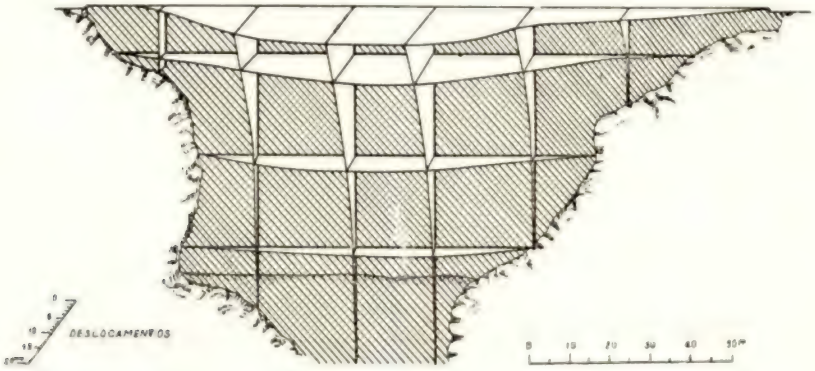



Fig. 13

Ao engenheiro civil competirá, especialmente, tratar da colocação das marcas nos pontos de que deseja conhecer os deslocamentos; do estabelecimento do programa das medições, quer durante a construção da obra, quer posteriormente de acôrdo com a actuação das fôrças exteriores (no caso particular das barragens interessa considerar a variação do nível da albufeira); e, finalmente, da interpretação dos resultados (fig. 13), tendo em atenção a precisão com que foram efectuadas as medições.

# CONCORDÂNCIA DE TRAINÉIS POR CURVAS PARABÓLICAS

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) ADOLFO M. DA CUNHA AMARAL

*(Continuação)*

O cálculo das ordenadas duma parábola, por meio da fórmula (7) é bastante laborioso.

Vamos mostrar como êste cálculo pode ser facilitado pelo emprêgo de tabelas.

Depois de executadas algumas transformações simples, a equação (7) pode tomar estoutra forma

$$y = \frac{x^2}{2p} + p\,\frac{(i_1 - i_2)^2}{8} + \frac{i_1 + i_2}{2}\,x$$

pondo

$$z = \frac{x^2}{2p}$$

$$i_1 - i_2 = u$$

$$M = 1000\,\frac{(i_1 - i_2)^2}{8}$$

$$w = \frac{i_1 + i_2}{2}$$

vem

$$\boxed{y = z + 0{,}001\,p\,M + w\,x} \qquad (13)$$

Na Tabela I encontramos os valores de z em função das abcissas variando de metro a metro, entre $t'_1$ e $t'_2$ — maiores valores das abcissas — determinadas pelas máximas inclinações consideradas (— 0,12) e (+ 0,12).

Na Tabela II encontramos os valores de M em função de u variando de décima em décima milésima.

O valor de M aparece como o produto de $\frac{u^2}{8}$ por 1.000, para reduzir o número de algarismos à direita da vírgula, visto $\frac{u^2}{8}$ ser um número muito pequeno.

Para se obter o valor da segunda parcela de (13) correspondente a um parâmetro qualquer, basta procurar $M$ em função de $u$ e multiplicar êsse valor de $M$ por $\frac{p}{1000}$.

Vamos fazer algumas aplicações numéricas do método exposto.

Em primeiro lugar calcularemos as ordenadas da parábola de concordância pelas fórmulas (1) a (7); em seguida faremos a aplicação das tabelas I e II.

Consideremos o trôço de perfil longitudinal da fig. 4.

Segundo as convenções de sinais, será

$$i_1 > 0 \qquad i_1 = 0{,}08$$

$$i_2 < 0 \qquad i_2 = -0{,}04$$

As fórmulas (3) e (4) determinam $a$ e $b$, entrando nelas com o valor do parâmetro. Se considerarmos o parâmetro p = 961,53, determinado pela condição (10), obtém-se para $a$ e $b$ os seguintes valores:

$$a = 480{,}76 \times (0{,}08 - 0{,}04) = 19{,}23 \text{ m}$$

$$b = 480{,}76 \times 0{,}08 \times (-0{,}04) = -1{,}54 \text{ m}$$

As coordenadas do vértice da parábola no sistema de referência $X\,V\,Y$, serão portanto

$$-a = -19{,}23 \text{ m}$$

$$-b = 1{,}54 \text{ m}$$

Procuremos agora as abcissas e ordenadas dos pontos de tangência.

As abcissas são dadas pela fórmula (8):

$$\begin{cases} t'_1 = 480{,}76 \times (0{,}08 + 0{,}04) = 57{,}69 \text{ m} \\ t'_2 = 480{,}76\,(-0{,}04 - 0{,}08) = -57{,}69 \text{ m} \end{cases}$$

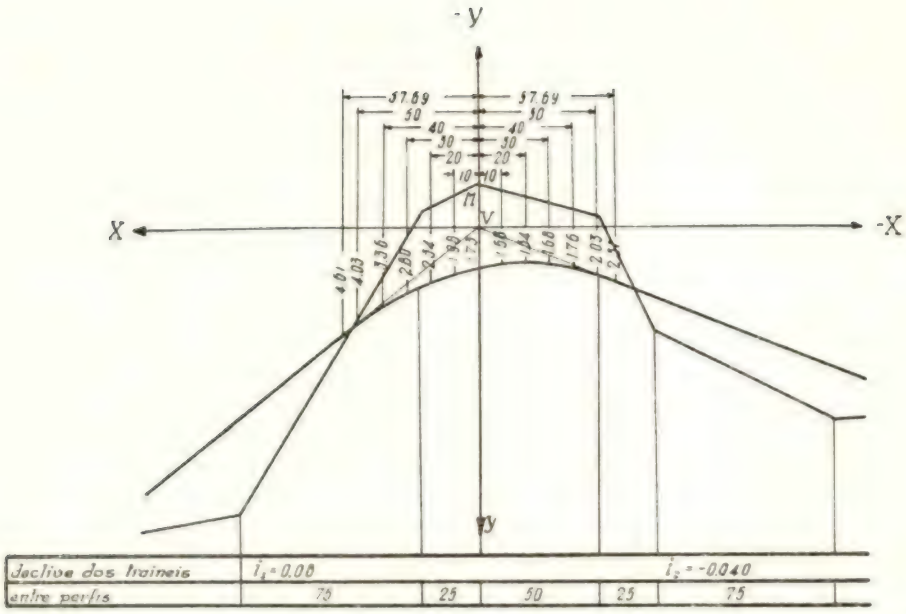



Fig. 4

As ordenadas correspondentes a estas abcissas são dadas por (9):

$$y_t = 57{,}69 \times 0{,}08 = 4{,}61 \text{ m}$$
$$y'_t = -57{,}69 \times (-0{,}04) = 4{,}31 \text{ m}$$

No quadro abaixo, encontram-se valores das ordenadas da parábola, para abcissas variando de 10 em 10 metros, obtidos com a fórmula (7):

| x | y | — x | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 1,73 | | |
| 10 | 1,98 | —10 | 1,58 |
| 20 | 2,34 | —20 | 1,54 |
| 30 | 2,80 | —30 | 1,60 |
| 40 | 3,36 | —40 | 1,76 |
| 50 | 4,03 | —50 | 2,03 |
| 57 | 4,56 | —57 | 2,28 |

Para obtermos as cotas do projecto dos vários pontos da curva, basta subtrair à cota do projecto do ponto V, as ordenadas da curva.

Fazendo o nivelamento dos pontos do terreno, correspondentes às abcissas da curva, relativamente ao ponto M, obtém-se as cotas do terreno dêsses pontos.

Conhecidas as cotas do terreno e as cotas do projecto, fàcilmente se obtém as cotas de trabalho.

No quadro abaixo, vêem-se as cotas do terreno e do projecto, de pontos correspondentes, e as respectivas cotas de trabalho:

| X | Cota do terreno | Cota do projecto | Cota de trabalho |
|---|---|---|---|
| 57,69 | 102,50 | 104,14 | 1,64 |
| 50 | 103,25 | 104,72 | 1,47 |
| 40 | 104,75 | 105,39 | 0,64 |
| 30 | 106,25 | 105,95 | 0,30 |
| 20 | 107,75 | 106,41 | 1,34 |
| 10 | 108,25 | 106,77 | 1,48 |
| 0 | 108,75 | 107,02 | 1,73 |
| —10 | 108,50 | 107,17 | 1,33 |
| —19,23 | 108,25 | 107,21 | 1,04 |
| —30 | 108,00 | 107,15 | 0,85 |
| —40 | 107,75 | 106,99 | 0,76 |
| —50 | 107,50 | 106,72 | 0,78 |
| —57,69 | 106,00 | 106,44 | 0,44 |

Comparemos os resultados obtidos empregando as fórmulas (1) a (7), com os resultantes do cálculo por meio das tabelas I e II.

As inclinações dos trainéis, são como vimos $i_1 = 0{,}08$ e $i_2 = -0{,}4$, portanto

$$u = 0{,}12$$
$$w = 0{,}02$$

Entrando com $u$ na tabela II, obtém-se

$$M = 1{,}8$$

Na tabela I encontramos os valores de z em função do valor já obtido de $p = 961{,}53$.

Para

$x = 0$ $x = 20$ $x = 30$ $x = 40$ $x = 50$ $x = 57$

é

$z = 0$ $z = 0{,}052$ $z = 0{,}208$ $z = 0{,}468$ $z = 0{,}832$ $z = 1{,}300$ $z = 1{,}689$

Os valores de y serão, segundo (13).

Para

$x = 0$ ... $y = 0{,}000 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 0 = 1{,}7307$
$x = 10$ ... $y = 0{,}052 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 10 = 1{,}980$
$x = 20$ ... $y = 0{,}208 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 20 = 2{,}340$
$x = 30$ ... $y = 0{,}468 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 30 = 2{,}800$
$x = 40$ ... $y = 0{,}832 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 40 = 3{,}360$
$x = 50$ ... $y = 0{,}300 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 50 = 4{,}030$
$x = 57$ ... $y = 1{,}689 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 + 0{,}02 \times 57 = 4{,}56$

As ordenadas correspondentes às abcissas negativas com o mesmo valor absoluto, são:

$y = 0{,}052 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 - 0{,}02 \times 10 = 1{,}580$
$y = 0{,}208 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 - 0{,}02 \times 20 = 1{,}540$
$y = 0{,}468 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 - 0{,}02 \times 30 = 1{,}600$
$y = 0{,}832 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 - 0{,}02 \times 40 = 1{,}760$
$y = 1{,}300 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 - 0{,}02 \times 50 = 2{,}030$
$y = 1{,}689 + 0{,}001 \times 961{,}53 \times 1{,}8 - 0{,}02 \times 57 = 2{,}280$

Como se vê, os valores obtidos coïncidem perfeitamente com os que se obtiveram atrás, empregando a fórmula (7).

O método exposto é absolutamente geral. No caso da curva ter a concavidade orientada no sentido negativo do eixo dos yy, devemos notar que o parâmetro da parábola é negativo, sendo negativos também os valores de z.

Neste caso já não estamos subordinados à condição de visibilidade, podendo fazer-se a concordância com uma parábola de parâmetro inferior a 961,53.

Vejamos com um exemplo, como se faria a piquetagem se a curva tivesse a concavidade orientada no sentido negativo do eixo dos yy.

Seja fazer a concordância dos dois trainéis da fig. (5), com uma parábola do parâmetro $p = -300$ metros.

$$i_1 = -0{,}10 \qquad i_2 = 0{,}06$$

portanto

$$u = i_1 - i_2 = -0{,}16$$

e

$$w = \frac{i_1 + i_2}{2} = -0{,}02$$

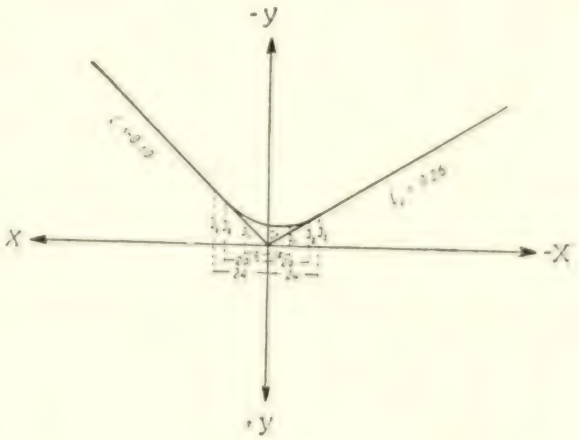



Fig. 5

Entrando com $u$ na tabela II, obtém-se

$$M = 3{,}2$$

Na tabela I correspondente a $p = -300$, encontramos os valores de z em função das abcissas, até 24 metros, valor da tangente obtida com a fórmula

$$t'_1 = \frac{p}{2} u$$
$$= -150 \times (-0{,}16)$$
$$= 24$$

para

$x=0$....$x=10$.....$x=20$.....$x=24$
$z=0$....$z=-0{,}1666$...$z=-0{,}6664$...$z=-0{,}9596$

As ordenadas da curva calculam-se pela expressão geral (13)

$$x = 0 \rightarrow y = 0{,}000 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 - 0{,}02 \times 0 = -0{,}9600 \text{ m}$$

$$x = 10 \rightarrow y = -0{,}1666 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 - 0{,}02 \times 10 = -1{,}3266 \text{ m}$$

$$x = 20 \rightarrow y = -0{,}6664 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 - 0{,}02 \times 20 = -2{,}0264 \text{ m}$$

$$x = 24 \rightarrow y = -0{,}9596 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 - 0{,}02 \times 24 = -2{,}3996 \text{ m}$$

As ordenadas correspondentes às abcissas negativas, com o mesmo valor absoluto das de cima, serão

$$x = -10 \rightarrow y = -0{,}1666 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 + 0{,}02 \times 10 = -0{,}9266 \text{ m}$$

$$x = -20 \rightarrow y = -0{,}6664 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 + 0{,}02 \times 20 = -1{,}2264 \text{ m}$$

$$x = -24 \rightarrow y = -0{,}9596 - 0{,}001 \times 300 \times 3{,}2 + 0{,}02 \times 24 = -1{,}4396 \text{ m}$$

Consideremos um caso que na prática se pode apresentar. Os dois trainéis $\overline{T_1 V}$ e $\overline{T_2 V}$, estão ligados entre si por $\overline{AB}$, horizontal.

Suponhamos que se pretende fazer a concordância parabólica

$$\overline{VV_1} = h$$
$$AV_1 = d$$
$$BV_1 = d_1$$
$$AB = D$$

entre os trainéis $\overline{T_1 V}$ e $\overline{T_2 V}$ (fig. 6). Êste caso pode aparecer numa estrada já construída, que se pretenda melhorar. Precisamos, para aplicar o método exposto, de conhecer a posição do ponto V, ou antes, da sua projecção horizontal $V_1$.

Da fig. 6 tira-se

$$h = d\, i_1 = d_1\, i_2$$

ou

$$\frac{d}{d_1} = \frac{i_2}{i_1}$$

e finalmente

$$\boxed{d = D \frac{i_2}{i_1 + i_2}}$$

Determinada dêste modo, a posição do ponto $V_1$, poderemos aplicar o método atrás exposto.

Consideremos agora o caso do trainel $\overline{AB}$ não ser horizontal, mas ter uma certa inclinação que em geral é pequena (fig. 7).

$$AB = D_1$$
$$AV_1 = d$$
$$BV_3 = d_1$$
$$AB_1 = D$$
$$VV_2 = h$$

da fig. 7, tira-se

$$\overline{VV_1} + \overline{V_1 V_3} = \overline{VV_3}$$

e ainda

$$\overline{VV_1} = d\, i_1 \qquad \overline{V_1 V_3} = D\, i_3 \qquad \overline{VV_3} = d_1\, i_2$$

$$d\, i_1 + D\, i_3 = d_1\, i_2$$

$$d\, i_1 + (d + d_1)\, i_3 = d_1\, i_2$$

ou

$$d\,(i_1 + i_3) = d_1\,(i_2 - i_3)$$

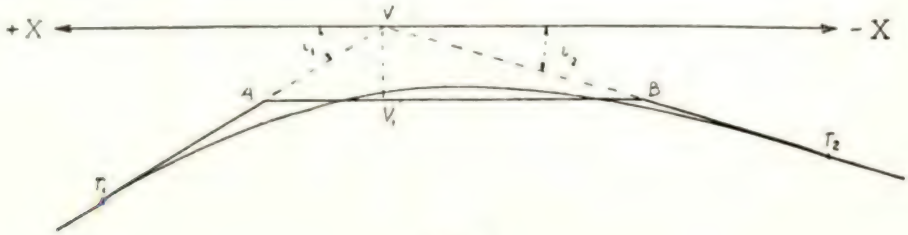



Fig. 6

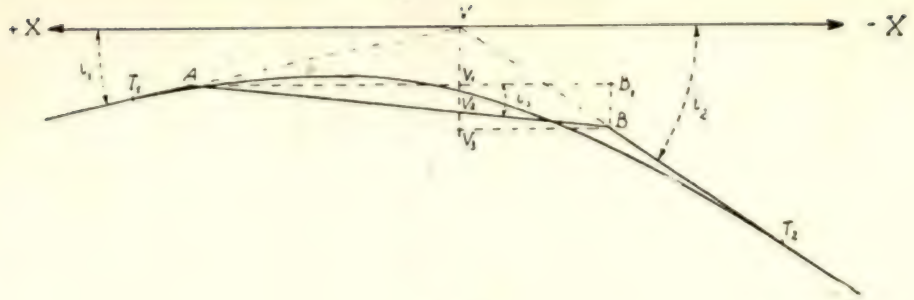



Fig. 7

aplicando um conhecido teorema das proporções, vem

$$\boxed{d = D\,\frac{i_2 - i_3}{i_1 + i_2}}$$

conhecido $d$, fàcilmente se determina $h$

$$h = \overline{V\,V_1} + \overline{V_1\,V_2}$$

$$= d\,(i_1 + i_3)$$

Em geral, a inclinação $i_3$, é pequena, podendo por isso empregar-se $D_1$ por D, porque o êrro cometido é de ordem muito pequena.

Com efeito, sendo

$$D = D_1 \frac{1}{\sqrt{1 + i_3^2}}$$

será $D_1 \cong D$, por se poder desprezar, em geral, $i_3^2$ em relação à unidade.

O êrro relativo que se comete é

$$\frac{D_1 - D}{D} = \sqrt{1 + i_3^2} - 1$$

Com valores de $i_3$ até 0,05, o êrro relativo é inferior a 0,0014.

Determinados, como acaba de se expor, d e h, a piquetagem da curva faz-se fàcilmente, empregando o método geral já exposto e aplicado noutros exemplos.

# TABELA II

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0000 | 0,00000 | 0,0054 | 0,00364 | 0,0108 | 0,01458 | 0,0162 | 0,03280 | 0,0216 | 0,05832 |
| 0,0001 | 0,00000 | 0,0055 | 0,00378 | 0,0109 | 0,01485 | 0,0163 | 0,03321 | 0,0217 | 0,05886 |
| 0,0002 | 0,00000 | 0,0056 | 0,00392 | 0,0110 | 0,01512 | 0,0164 | 0,03362 | 0,0218 | 0,05940 |
| 0,0003 | 0,00001 | 0,0057 | 0,00406 | 0,0111 | 0,01540 | 0,0165 | 0,03403 | 0,0219 | 0,05995 |
| 0,0004 | 0,00002 | 0,0058 | 0,00420 | 0,0112 | 0,01568 | 0,0166 | 0,03444 | 0,0220 | 0,06050 |
| 0,0005 | 0,00003 | 0,0059 | 0,00435 | 0,0113 | 0,01596 | 0,0167 | 0,03486 | 0,0221 | 0,06105 |
| 0,0006 | 0,00004 | 0,0060 | 0,00450 | 0,0114 | 0,01624 | 0,0168 | 0,03530 | 0,0222 | 0,06160 |
| 0,0007 | 0,00006 | 0,0061 | 0,00465 | 0,0115 | 0,01653 | 0,0169 | 0,03570 | 0,0223 | 0,06216 |
| 0,0008 | 0,00008 | 0,0062 | 0,00480 | 0,0116 | 0,01682 | 0,0170 | 0,03612 | 0,0224 | 0,06272 |
| 0,0009 | 0,00010 | 0,0063 | 0,00496 | 0,0117 | 0,01711 | 0,0171 | 0,03655 | 0,0225 | 0,06328 |
| 0,0010 | 0,00012 | 0,0064 | 0,00512 | 0,0118 | 0,01740 | 0,0172 | 0,03698 | 0,0226 | 0,06384 |
| 0,0011 | 0,00015 | 0,0065 | 0,00528 | 0,0119 | 0,01770 | 0,0173 | 0,03741 | 0,0227 | 0,06441 |
| 0,0012 | 0,00018 | 0,0066 | 0,00544 | 0,0120 | 0,01800 | 0,0174 | 0,03784 | 0,0228 | 0,06498 |
| 0,0013 | 0,00021 | 0,0067 | 0,00561 | 0,0121 | 0,01830 | 0,0175 | 0,03828 | 0,0229 | 0,06555 |
| 0,0014 | 0,00024 | 0,0068 | 0,00578 | 0,0122 | 0,01860 | 0,0176 | 0,03872 | 0,0230 | 0,06612 |
| 0,0015 | 0,00028 | 0,0069 | 0,00595 | 0,0123 | 0,01891 | 0,0177 | 0,03916 | 0,0231 | 0,06670 |
| 0,0016 | 0,00032 | 0,0070 | 0,00612 | 0,0124 | 0,01922 | 0,0178 | 0,03960 | 0,0232 | 0,06728 |
| 0,0017 | 0,00036 | 0,0071 | 0,00630 | 0,0125 | 0,01953 | 0,0179 | 0,04005 | 0,0233 | 0,06786 |
| 0,0018 | 0,00040 | 0,0072 | 0,00648 | 0,0126 | 0,01984 | 0,0180 | 0,04050 | 0,0234 | 0,06844 |
| 0,0019 | 0,00045 | 0,0073 | 0,00666 | 0,0127 | 0,02016 | 0,0181 | 0,04095 | 0,0235 | 0,06903 |
| 0,0020 | 0,00050 | 0,0074 | 0,00684 | 0,0128 | 0,02048 | 0,0182 | 0,04140 | 0,0236 | 0,06962 |
| 0,0021 | 0,00055 | 0,0075 | 0,00703 | 0,0129 | 0,02080 | 0,0183 | 0,04186 | 0,0237 | 0,07021 |
| 0,0022 | 0,00060 | 0,0076 | 0,00722 | 0,0130 | 0,02112 | 0,0184 | 0,04232 | 0,0238 | 0,07080 |
| 0,0023 | 0,00066 | 0,0077 | 0,00741 | 0,0131 | 0,02145 | 0,0185 | 0,04278 | 0,0239 | 0,07140 |
| 0,0024 | 0,00072 | 0,0078 | 0,00760 | 0,0132 | 0,02178 | 0,0186 | 0,04324 | 0,0240 | 0,07200 |
| 0,0025 | 0,00078 | 0,0079 | 0,00780 | 0,0133 | 0,02211 | 0,0187 | 0,04371 | 0,0241 | 0,07260 |
| 0,0026 | 0,00084 | 0,0080 | 0,00800 | 0,0134 | 0,02244 | 0,0188 | 0,04418 | 0,0242 | 0,07320 |
| 0,0027 | 0,00091 | 0,0081 | 0,00820 | 0,0135 | 0,02278 | 0,0189 | 0,04465 | 0,0243 | 0,07381 |
| 0,0028 | 0,00098 | 0,0082 | 0,00840 | 0,0136 | 0,02312 | 0,0190 | 0,04512 | 0,0244 | 0,07442 |
| 0,0029 | 0,00105 | 0,0083 | 0,00861 | 0,0137 | 0,02346 | 0,0191 | 0,04560 | 0,0245 | 0,07503 |
| 0,0030 | 0,00112 | 0,0084 | 0,00882 | 0,0138 | 0,02385 | 0,0192 | 0,04608 | 0,0246 | 0,07564 |
| 0,0031 | 0,00120 | 0,0085 | 0,00903 | 0,0139 | 0,02415 | 0,0193 | 0,04656 | 0,0247 | 0,07626 |
| 0,0032 | 0,00128 | 0,0086 | 0,00924 | 0,0140 | 0,02450 | 0,0194 | 0,04704 | 0,0248 | 0,07688 |
| 0,0033 | 0,00136 | 0,0087 | 0,00946 | 0,0141 | 0,02485 | 0,0195 | 0,04753 | 0,0249 | 0,07750 |
| 0,0034 | 0,00144 | 0,0088 | 0,00968 | 0,0142 | 0,02520 | 0,0196 | 0,04802 | 0,0250 | 0,07812 |
| 0,0035 | 0,00153 | 0,0089 | 0,00990 | 0,0143 | 0,02556 | 0,0197 | 0,04851 | 0,0251 | 0,07875 |
| 0,0036 | 0,00162 | 0,0090 | 0,01012 | 0,0144 | 0,02592 | 0,0198 | 0,04900 | 0,0252 | 0,07938 |
| 0,0037 | 0,00171 | 0,0091 | 0,01035 | 0,0145 | 0,02628 | 0,0199 | 0,04950 | 0,0253 | 0,08001 |
| 0,0038 | 0,00180 | 0,0092 | 0,01058 | 0,0146 | 0,02664 | 0,0200 | 0,05000 | 0,0254 | 0,08064 |
| 0,0039 | 0,00190 | 0,0093 | 0,01081 | 0,0147 | 0,02701 | 0,0201 | 0,05050 | 0,0255 | 0,08128 |
| 0,0040 | 0,00200 | 0,0094 | 0,01104 | 0,0148 | 0,02738 | 0,0202 | 0,05100 | 0,0256 | 0,08192 |
| 0,0041 | 0,00210 | 0,0095 | 0,01128 | 0,0149 | 0,02775 | 0,0203 | 0,05151 | 0,0257 | 0,08256 |
| 0,0042 | 0,00220 | 0,0096 | 0,01152 | 0,0150 | 0,02812 | 0,0204 | 0,05202 | 0,0258 | 0,08320 |
| 0,0043 | 0,00231 | 0,0097 | 0,01176 | 0,0151 | 0,02850 | 0,0205 | 0,05253 | 0,0259 | 0,08385 |
| 0,0044 | 0,00242 | 0,0098 | 0,01200 | 0,0152 | 0,02888 | 0,0206 | 0,05304 | 0,0260 | 0,08450 |
| 0,0045 | 0,00253 | 0,0099 | 0,01225 | 0,0153 | 0,02926 | 0,0207 | 0,05356 | 0,0261 | 0,08515 |
| 0,0046 | 0,00264 | 0,0100 | 0,01250 | 0,0154 | 0,02964 | 0,0208 | 0,05408 | 0,0262 | 0,08580 |
| 0,0047 | 0,00276 | 0,0101 | 0,01275 | 0,0155 | 0,03003 | 0,0209 | 0,05460 | 0,0263 | 0,08646 |
| 0,0048 | 0,00288 | 0,0102 | 0,01300 | 0,0156 | 0,03042 | 0,0210 | 0,05512 | 0,0264 | 0,08712 |
| 0,0049 | 0,00300 | 0,0103 | 0,01326 | 0,0157 | 0,03081 | 0,0211 | 0,05565 | 0,0265 | 0,08778 |
| 0,0050 | 0,00312 | 0,0104 | 0,01352 | 0,0158 | 0,03120 | 0,0212 | 0,05618 | 0,0266 | 0,08844 |
| 0,0051 | 0,00325 | 0,0105 | 0,01378 | 0,0159 | 0,03160 | 0,0213 | 0,05671 | 0,0267 | 0,08911 |
| 0,0052 | 0,00338 | 0,0106 | 0,01404 | 0,0160 | 0,03200 | 0,0214 | 0,05724 | 0,0268 | 0,08978 |
| 0,0053 | 0,00351 | 0,0107 | 0,01431 | 0,0161 | 0,03240 | 0,0215 | 0,05778 | 0,0269 | 0,09045 |

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0270 | 0,09112 | 0,0326 | 0,13284 | 0,0382 | 0,18218 | 0,0438 | 0,23980 | 0,0494 | 0,30504 |
| 0,0271 | 0,09180 | 0,0327 | 0,13366 | 0,0383 | 0,18313 | 0,0439 | 0,24090 | 0,0495 | 0,30628 |
| 0,0272 | 0,09248 | 0,0328 | 0,13448 | 0,0384 | 0,18409 | 0,0440 | 0,24200 | 0,0496 | 0,30752 |
| 0,0273 | 0,09316 | 0,0329 | 0,13530 | 0,0385 | 0,18505 | 0,0441 | 0,24310 | 0,0497 | 0,30876 |
| 0,0274 | 0,09384 | 0,0330 | 0,13612 | 0,0386 | 0,18602 | 0,0442 | 0,24420 | 0,0498 | 0,31000 |
| 0,0275 | 0,09453 | 0,0331 | 0,13695 | 0,0387 | 0,18698 | 0,0443 | 0,24531 | 0,0499 | 0,31125 |
| 0,0276 | 0,09522 | 0,0332 | 0,13778 | 0,0388 | 0,18795 | 0,0444 | 0,24642 | 0,0500 | 0,31250 |
| 0,0277 | 0,09591 | 0,0333 | 0,13861 | 0,0389 | 0,18892 | 0,0445 | 0,24753 | 0,0501 | 0,31375 |
| 0,0278 | 0,09660 | 0,0334 | 0,13944 | 0,0390 | 0,18990 | 0,0446 | 0,24864 | 0,0502 | 0,31500 |
| 0,0279 | 0,09730 | 0,0335 | 0,14028 | 0,0391 | 0,19087 | 0,0447 | 0,24976 | 0,0503 | 0,31626 |
| 0,0280 | 0,09800 | 0,0336 | 0,14112 | 0,0392 | 0,19185 | 0,0448 | 0,25088 | 0,0504 | 0,31752 |
| 0,0281 | 0,09870 | 0,0337 | 0,14196 | 0,0393 | 0,19283 | 0,0449 | 0,25200 | 0,0505 | 0,31878 |
| 0,0282 | 0,09940 | 0,0338 | 0,14280 | 0,0394 | 0,19382 | 0,0450 | 0,25312 | 0,0506 | 0,32004 |
| 0,0283 | 0,10011 | 0,0339 | 0,14365 | 0,0395 | 0,19480 | 0,0451 | 0,25425 | 0,0507 | 0,32131 |
| 0,0284 | 0,10082 | 0,0340 | 0,14427 | 0,0396 | 0,19579 | 0,0452 | 0,25538 | 0,0508 | 0,32258 |
| 0,0285 | 0,10153 | 0,0341 | 0,14512 | 0,0397 | 0,19678 | 0,0453 | 0,25651 | 0,0509 | 0,32385 |
| 0,0286 | 0,10224 | 0,0342 | 0,14598 | 0,0398 | 0,19778 | 0,0454 | 0,25764 | 0,0510 | 0,32512 |
| 0,0287 | 0,10296 | 0,0343 | 0,14683 | 0,0399 | 0,19877 | 0,0455 | 0,25878 | 0,0511 | 0,32640 |
| 0,0288 | 0,10368 | 0,0344 | 0,14769 | 0,0400 | 0,19977 | 0,0456 | 0,25992 | 0,0512 | 0,32768 |
| 0,0289 | 0,10440 | 0,0345 | 0,14855 | 0,0401 | 0,20077 | 0,0457 | 0,26106 | 0,0513 | 0,32896 |
| 0,0290 | 0,10512 | 0,0346 | 0,14942 | 0,0402 | 0,20178 | 0,0458 | 0,26220 | 0,0514 | 0,33024 |
| 0,0291 | 0,10585 | 0,0347 | 0,15028 | 0,0403 | 0,20278 | 0,0459 | 0,26335 | 0,0515 | 0,33153 |
| 0,0292 | 0,10658 | 0,0348 | 0,15115 | 0,0404 | 0,20379 | 0,0460 | 0,26450 | 0,0516 | 0,33282 |
| 0,0293 | 0,10731 | 0,0349 | 0,15202 | 0,0405 | 0,20480 | 0,0461 | 0,26565 | 0,0517 | 0,33411 |
| 0,0294 | 0,10804 | 0,0350 | 0,15290 | 0,0406 | 0,20582 | 0,0462 | 0,26680 | 0,0518 | 0,33540 |
| 0,0295 | 0,10878 | 0,0351 | 0,15377 | 0,0407 | 0,20683 | 0,0463 | 0,26796 | 0,0519 | 0,33670 |
| 0,0296 | 0,10952 | 0,0352 | 0,15465 | 0,0408 | 0,20785 | 0,0464 | 0,26912 | 0,0520 | 0,33800 |
| 0,0297 | 0,11026 | 0,0353 | 0,15553 | 0,0409 | 0,20887 | 0,0465 | 0,27028 | 0,0521 | 0,33930 |
| 0,0298 | 0,11100 | 0,0354 | 0,15642 | 0,0410 | 0,20990 | 0,0466 | 0,27144 | 0,0522 | 0,34060 |
| 0,0299 | 0,11175 | 0,0355 | 0,15730 | 0,0411 | 0,21092 | 0,0467 | 0,27261 | 0,0523 | 0,34191 |
| 0,0300 | 0,11250 | 0,0356 | 0,15819 | 0,0412 | 0,21195 | 0,0468 | 0,27378 | 0,0524 | 0,34322 |
| 0,0301 | 0,11325 | 0,0357 | 0,15908 | 0,0413 | 0,21298 | 0,0469 | 0,27495 | 0,0525 | 0,34453 |
| 0,0302 | 0,11400 | 0,0358 | 0,15998 | 0,0414 | 0,21402 | 0,0470 | 0,27612 | 0,0526 | 0,34584 |
| 0,0303 | 0,11476 | 0,0359 | 0,16087 | 0,0415 | 0,21505 | 0,0471 | 0,27730 | 0,0527 | 0,34716 |
| 0,0304 | 0,11552 | 0,0360 | 0,16177 | 0,0416 | 0,21609 | 0,0472 | 0,27848 | 0,0528 | 0,34848 |
| 0,0305 | 0,11628 | 0,0361 | 0,16267 | 0,0417 | 0,21713 | 0,0473 | 0,27966 | 0,0529 | 0,34980 |
| 0,0306 | 0,11704 | 0,0362 | 0,16358 | 0,0418 | 0,21818 | 0,0474 | 0,28084 | 0,0530 | 0,35112 |
| 0,0307 | 0,11781 | 0,0363 | 0,16448 | 0,0419 | 0,21922 | 0,0475 | 0,28203 | 0,0531 | 0,35245 |
| 0,0308 | 0,11858 | 0,0364 | 0,16539 | 0,0420 | 0,22027 | 0,0476 | 0,28322 | 0,0532 | 0,35378 |
| 0,0309 | 0,11935 | 0,0365 | 0,16630 | 0,0421 | 0,22132 | 0,0477 | 0,28441 | 0,0533 | 0,35511 |
| 0,0310 | 0,12012 | 0,0366 | 0,16722 | 0,0422 | 0,22238 | 0,0478 | 0,28560 | 0,0534 | 0,35644 |
| 0,0311 | 0,12090 | 0,0367 | 0,16813 | 0,0423 | 0,22343 | 0,0479 | 0,28680 | 0,0535 | 0,35778 |
| 0,0312 | 0,12168 | 0,0368 | 0,16905 | 0,0424 | 0,22449 | 0,0480 | 0,28800 | 0,0536 | 0,35912 |
| 0,0313 | 0,12246 | 0,0369 | 0,16997 | 0,0425 | 0,22555 | 0,0481 | 0,28920 | 0,0537 | 0,36046 |
| 0,0314 | 0,12324 | 0,0370 | 0,17090 | 0,0426 | 0,22662 | 0,0482 | 0,29040 | 0,0538 | 0,36180 |
| 0,0315 | 0,12403 | 0,0371 | 0,17182 | 0,0427 | 0,22768 | 0,0483 | 0,29161 | 0,0539 | 0,36315 |
| 0,0316 | 0,12482 | 0,0372 | 0,17275 | 0,0428 | 0,22875 | 0,0484 | 0,29282 | 0,0540 | 0,36450 |
| 0,0317 | 0,12561 | 0,0373 | 0,17368 | 0,0429 | 0,22982 | 0,0485 | 0,29403 | 0,0541 | 0,36585 |
| 0,0318 | 0,12640 | 0,0374 | 0,17462 | 0,0430 | 0,23090 | 0,0486 | 0,29524 | 0,0542 | 0,36720 |
| 0,0319 | 0,12720 | 0,0375 | 0,17555 | 0,0431 | 0,23197 | 0,0487 | 0,29646 | 0,0543 | 0,36856 |
| 0,0320 | 0,12800 | 0,0376 | 0,17649 | 0,0432 | 0,23305 | 0,0488 | 0,29768 | 0,0544 | 0,36992 |
| 0,0321 | 0,12880 | 0,0377 | 0,17743 | 0,0433 | 0,23413 | 0,0489 | 0,29890 | 0,0545 | 0,37128 |
| 0,0322 | 0,12960 | 0,0378 | 0,17838 | 0,0434 | 0,23522 | 0,0490 | 0,30012 | 0,0546 | 0,37264 |
| 0,0323 | 0,13041 | 0,0379 | 0,17932 | 0,0435 | 0,23630 | 0,0491 | 0,30135 | 0,0547 | 0,37401 |
| 0,0324 | 0,13122 | 0,0380 | 0,18027 | 0,0436 | 0,23762 | 0,0492 | 0,30258 | 0,0548 | 0,37538 |
| 0,0325 | 0,13203 | 0,0381 | 0,18122 | 0,0437 | 0,23871 | 0,0493 | 0,30381 | 0,0549 | 0,37675 |

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0550 | 0,37812 | 0,0606 | 0,45904 | 0,0662 | 0,54780 | 0,0718 | 0,64440 | 0,0774 | 0,74884 |
| 0,0551 | 0,37950 | 0,0607 | 0,46056 | 0,0663 | 0,54946 | 0,0719 | 0,64620 | 0,0775 | 0,75078 |
| 0,0552 | 0,38088 | 0,0608 | 0,46208 | 0,0664 | 0,55112 | 0,0720 | 0,64800 | 0,0776 | 0,75272 |
| 0,0553 | 0,38226 | 0,0609 | 0,46360 | 0,0665 | 0,55278 | 0,0721 | 0,64980 | 0,0777 | 0,75466 |
| 0,0554 | 0,38364 | 0,0610 | 0,46512 | 0,0666 | 0,55444 | 0,0722 | 0,65160 | 0,0778 | 0,75660 |
| 0,0555 | 0,38503 | 0,0611 | 0,46665 | 0,0667 | 0,55611 | 0,0723 | 0,65341 | 0,0779 | 0,75855 |
| 0,0556 | 0,38642 | 0,0612 | 0,46818 | 00,668 | 0,55778 | 0,0724 | 0,65522 | 0,0780 | 0,76050 |
| 0,0557 | 0,38781 | 0,0613 | 0,46971 | 0,0669 | 0,55945 | 0,0725 | 0,65703 | 0,0781 | 0,76245 |
| 0,0558 | 0,38920 | 0,0614 | 0,47124 | 0,0670 | 0,56112 | 0,0726 | 0,65884 | 0,0782 | 0,76440 |
| 0,0559 | 0,39060 | 0,0615 | 0,47278 | 0,0671 | 0,56280 | 0,0727 | 0,66066 | 0,0783 | 0,76636 |
| 0,0560 | 0,39200 | 0,0616 | 0,47432 | 0,0672 | 0,56448 | 0,0728 | 0,66248 | 0,0784 | 0,76832 |
| 0,0561 | 0,39340 | 0,0617 | 0,47586 | 0,0673 | 0,56616 | 0,0729 | 0,66430 | 0,0785 | 0,77028 |
| 0,0562 | 0,39480 | 0,0618 | 0,47740 | 0,0674 | 0,56784 | 0,0730 | 0,66612 | 0,0786 | 0,77224 |
| 0,0563 | 0,39621 | 0,0619 | 0,47895 | 0,0675 | 0,56953 | 0,0731 | 0,66795 | 0,0287 | 0,77421 |
| 0,0564 | 0,39762 | 0,0620 | 0,48050 | 0,0676 | 0,57122 | 0,0732 | 0,66978 | 0,0788 | 0,77618 |
| 0,0565 | 0,39903 | 0,0621 | 0,48205 | 0,0677 | 0,57291 | 0,0733 | 0,67161 | 0,0789 | 0,77815 |
| 0,0566 | 0,40044 | 0,0622 | 0,48360 | 0,0678 | 0,57460 | 0,0724 | 0,67344 | 0,0790 | 0,78012 |
| 0,0567 | 0,40186 | 0,0623 | 0,48516 | 0,0679 | 0,57630 | 0,0735 | 0,67528 | 0,0791 | 0,78210 |
| 0,0568 | 0,40328 | 0,0624 | 0,48672 | 0,0680 | 0,57800 | 0,0736 | 0,67712 | 0,0792 | 0,78408 |
| 0,0569 | 0,40470 | 0,0625 | 0,48828 | 0,0681 | 0,57970 | 0,0737 | 0,67896 | 0,0793 | 0,78606 |
| 0,0570 | 0,40612 | 0,0626 | 0,48984 | 0,0682 | 0,58140 | 0,0738 | 0,68080 | 0,0794 | 0,78804 |
| 0,0571 | 0,40755 | 0,0627 | 0,49141 | 0,0683 | 0,58311 | 0,0739 | 0,68265 | 0,0795 | 0,79003 |
| 0,0572 | 0,40898 | 0,0628 | 0,49298 | 0,0684 | 0,58482 | 0,0740 | 0,68450 | 0,0796 | 0,79202 |
| 0,0573 | 0,41041 | 0,0629 | 0,49455 | 0,0685 | 0,68653 | 0,0741 | 0,68635 | 0,0797 | 0,79401 |
| 0,0574 | 0,41184 | 0,0630 | 0,45612 | 0,0686 | 0,58824 | 0,0742 | 0,68820 | 0,0798 | 0,79600 |
| 0,0575 | 0,41328 | 0,0631 | 0,49770 | 0,0687 | 0,58996 | 0,0743 | 0,69006 | 0,0799 | 0,79800 |
| 0,0576 | 0,41472 | 0,0632 | 0,49928 | 0,0688 | 0,59168 | 0,0744 | 0,69192 | 0,0800 | 0,80000 |
| 0,0577 | 0,41616 | 0,0633 | 0,50086 | 0,0689 | 0,59340 | 0,0745 | 0,69378 | 0,0801 | 0,80200 |
| 0,0578 | 0,41760 | 0,0634 | 0,50245 | 0,0690 | 0,59512 | 0,0746 | 0,69564 | 0,0802 | 0,80400 |
| 0,0579 | 0,41905 | 0,0635 | 0,50403 | 0,0691 | 0,59685 | 0,0747 | 0,69751 | 0,0803 | 0,80601 |
| 0,0580 | 0,42050 | 0,0636 | 0,50562 | 0,0692 | 0,59858 | 0,0748 | 0,69938 | 0,0804 | 0,80802 |
| 0,0581 | 0,42195 | 0,0637 | 0,50721 | 0,0693 | 0,60031 | 0,0749 | 0,70125 | 0,0805 | 0,81003 |
| 0,0582 | 0,42340 | 0,0638 | 0,50880 | 0,0694 | 0,60204 | 0,0750 | 0,70312 | 0,0806 | 0,81204 |
| 0,0583 | 0,42486 | 0,0639 | 0,51040 | 0,0695 | 0,60378 | 0,0751 | 0,70500 | 0,0807 | 0,81406 |
| 0,0584 | 0,42632 | 0,0640 | 0,51200 | 0,0696 | 0,60552 | 0,0752 | 0,70688 | 0,0808 | 0,81608 |
| 0,0585 | 0,42778 | 0,0641 | 0,51360 | 0,0697 | 0,60726 | 0,0753 | 0,70876 | 0,0809 | 0,81810 |
| 0,0586 | 0,42924 | 0,0642 | 0,51520 | 0,0698 | 0,60900 | 0,0754 | 0,71064 | 0,0810 | 0,82012 |
| 0,0587 | 0,43071 | 0,0643 | 0,51681 | 0,0699 | 0,61075 | 0,0755 | 0,71253 | 0,0811 | 0,82215 |
| 0,0588 | 0,43218 | 0,0644 | 0,51842 | 0,0700 | 0,61250 | 0,0756 | 0,71442 | 0,0812 | 0,82418 |
| 0,0589 | 0,43365 | 0,0645 | 0,52003 | 0,0701 | 0,61425 | 0,0757 | 0,71631 | 0,0813 | 0,82621 |
| 0,0590 | 0,43512 | 0,0646 | 0,52164 | 0,0702 | 0,61600 | 0,0758 | 0,71820 | 0,0814 | 0,82824 |
| 0,0591 | 0,43660 | 0,0647 | 0,52326 | 0,0703 | 0,61776 | 0,0759 | 0,72010 | 0,0815 | 0,83028 |
| 0,0592 | 0,43808 | 0,0648 | 0,52489 | 0,0704 | 0,61952 | 0,0760 | 0,72200 | 0,0816 | 0,83232 |
| 0,0593 | 0,43956 | 0,0649 | 0,52650 | 0,0705 | 0,62128 | 0,0761 | 0,72390 | 0,0817 | 0,83436 |
| 0,0594 | 0,44104 | 0,0650 | 0,52812 | 0,0706 | 0,62304 | 0,0762 | 0,72580 | 0,0818 | 0,83640 |
| 0,0595 | 0,44253 | 0,0651 | 0,52975 | 0,0707 | 0,62481 | 0,0763 | 0,72771 | 0,0819 | 0,83845 |
| 0,0596 | 0,44402 | 0,0652 | 0,53138 | 0,0708 | 0,62658 | 0,0764 | 0,72962 | 0,0820 | 0,84050 |
| 0,0597 | 0,44551 | 0,0653 | 0,53301 | 0,0709 | 0,62835 | 0,0765 | 0,73153 | 0,0821 | 0,84255 |
| 0,0598 | 0,44700 | 0,0654 | 0,53464 | 0,0710 | 0,63012 | 0,0766 | 0,73344 | 0,0822 | 0,84460 |
| 0,0599 | 0,44850 | 0,0655 | 0,53628 | 0,0711 | 0,63190 | 0,0767 | 0,73536 | 0,0823 | 0,84666 |
| 0,0600 | 0,45000 | 0,0656 | 0,53792 | 0,0712 | 0,63368 | 0,0768 | 0,73728 | 0,0824 | 0,84872 |
| 0,0601 | 0,45150 | 0,0657 | 0,53956 | 0,0713 | 0,63546 | 0,0769 | 0,73920 | 0,0825 | 0,85078 |
| 0,0602 | 0,45300 | 0,0658 | 0,54120 | 0,0714 | 0,63724 | 0,0770 | 0,74112 | 0,0826 | 0,85284 |
| 0,0603 | 0,45451 | 0,0659 | 0,54285 | 0,0715 | 0,63903 | 0,0771 | 0,74305 | 0,0827 | 0,85491 |
| 0,0604 | 0,45602 | 0,0660 | 0,54450 | 0,0716 | 0,64082 | 0,0772 | 0,74498 | 0,0828 | 0,85698 |
| 0,0605 | 0,45753 | 0,0661 | 0,54615 | 0,0717 | 0,64261 | 0,0773 | 0,74691 | 0,0829 | 0,85905 |

*A qualidade*

**dos produtos químicos também depende da rigorosa selecção das matérias primas e auxiliares empregadas no local de fabrico. Se quizer evitar experiências dispendiosas que lhe roubariam muito tempo, siga o meu conselho de perito que reconhece perfeitamente as suas responsabilidades: Empregue produtos que satisfaçam a tôdas as exigências e em que poderá sempre confiar, os da Fábrica de Produtos Químicos, fundada em 1827,**

E. Merck

DARMSTADT

## SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

**SERRALHARIAS,**

**CALDEIRARIA,**

**FERRARIA,**

**FUNDIÇÕES**

ESCRITÓRIO

**Rua de S. Tiago, 13**

**LISBOA**

Telefone 26572

## Granulados de mármores

para exportação e para o país

## Mosaicos de granulados de mármore

*OS MAIS BÒNITOS*
*OS MAIS RESISTENTES*
*OS MAIS VANTAJOSOS*

## Soc. Portuguesa CAVAN

Rua D. Estefania, 42

*Telefone 47812 — Lisboa*

FILIAL NO PÔRTO:

PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

## Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

**IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS**

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

**Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA**

**Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO**

Agentes em todo o País

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0830 | 0,86112 | 0,0886 | 0,98124 | 0,0942 | 1,10920 | 0,0998 | 1,24500 | 0,1054 | 1,38864 |
| 0,0831 | 0,86320 | 0,0887 | 0,98346 | 0,0943 | 1,11156 | 0,0999 | 1,24750 | 0,1055 | 1,39128 |
| 0,0832 | 0,86528 | 0,0888 | 0,98568 | 0,0944 | 1,11392 | 0,1000 | 1,25000 | 0,1056 | 1,39392 |
| 0,0833 | 0,86736 | 0,0889 | 0,98790 | 0,0945 | 1,11628 | 0,1001 | 1,25250 | 0,1057 | 1,39656 |
| 0,0834 | 0,86944 | 0,0890 | 0,99012 | 0,0946 | 1,11864 | 0,1002 | 1,25500 | 0,1058 | 1,39920 |
| 0,0835 | 0,87153 | 0,0891 | 0,99235 | 0,0947 | 1,12101 | 0,1003 | 1,25751 | 0,1059 | 1,40185 |
| 0,0836 | 0,87362 | 0,0892 | 0,99458 | 0,0948 | 1,12338 | 0,1004 | 1,26002 | 0,1060 | 1,40450 |
| 0,0837 | 0,87571 | 0,0893 | 0,99681 | 0,0949 | 1,12575 | 0,1005 | 1,26378 | 0,1061 | 1,40715 |
| 0,0838 | 0,87780 | 0,0894 | 0,99904 | 0,0950 | 1,12812 | 0,1006 | 1,26504 | 0,1062 | 1,40980 |
| 0,0839 | 0,87990 | 0,0895 | 1,00128 | 0,0951 | 1,13050 | 0,1007 | 1,26756 | 0,1063 | 1,41246 |
| 0,0840 | 0,88200 | 0,0896 | 1,00352 | 0,0952 | 1,13288 | 0,1008 | 1,27008 | 0,1064 | 1,41512 |
| 0,0841 | 0,88410 | 0,0897 | 1,00576 | 0,0953 | 1,13526 | 0,1009 | 1,27260 | 0,1065 | 1,41778 |
| 0,0842 | 0,88620 | 0,0898 | 1,00800 | 0,0954 | 1,13764 | 0,1010 | 1,27512 | 0,1066 | 1,42044 |
| 0,0843 | 0,88831 | 0,0899 | 1,01025 | 0,0955 | 1,14003 | 0,1011 | 1,27765 | 0,1067 | 1,42311 |
| 0,0844 | 0,89042 | 0,0900 | 1,01250 | 0,0956 | 1,14242 | 0,1012 | 1,28018 | 0,1068 | 1,42578 |
| 0,0845 | 0,89253 | 0,0901 | 1,01475 | 0,0957 | 1,14481 | 0,1013 | 1,28271 | 0,1069 | 1,42845 |
| 0,0846 | 0,89464 | 0,0902 | 1,01700 | 0,0958 | 1,14720 | 0,1014 | 1,28524 | 0,1070 | 1,43112 |
| 0,0847 | 0,89676 | 0,0903 | 1,01926 | 0,0959 | 1,14960 | 0,1015 | 1,28778 | 0,1071 | 1,43380 |
| 0,0848 | 0,89888 | 0,0904 | 1,02152 | 0,0960 | 1,15200 | 0,1016 | 1,29032 | 0,1072 | 1,43648 |
| 0,0849 | 0,90100 | 0,0905 | 1,02378 | 0,0961 | 1,15440 | 0,1017 | 1,29286 | 0,1073 | 1,43916 |
| 0,0850 | 0,90312 | 0,0906 | 1,02604 | 0,0962 | 1,15680 | 0,1018 | 1,29540 | 0,1074 | 1,44184 |
| 0,0851 | 0,90525 | 0,0907 | 1,02831 | 0,0963 | 1,15921 | 0,1019 | 1,29795 | 0,1075 | 1,44453 |
| 0,0852 | 0,90738 | 0,0908 | 1,03058 | 0,0964 | 1,16162 | 0,1020 | 1,30050 | 0,1076 | 1,44722 |
| 0,0853 | 0,90951 | 0,0909 | 1,03285 | 0,0965 | 1,16403 | 0,1021 | 1,30305 | 0,1077 | 1,44991 |
| 0,0854 | 0,91164 | 0,0910 | 1,03512 | 0,0966 | 1,16644 | 0,1022 | 1,30560 | 0,1078 | 1,45260 |
| 0,0855 | 0,91378 | 0,0911 | 1,03740 | 0,0967 | 1,16886 | 0,1023 | 1,30816 | 0,1079 | 1,45530 |
| 0,0856 | 0,91592 | 0,0912 | 1,03968 | 0,0998 | 1,17128 | 0,1024 | 1,31072 | 0,1080 | 1,45800 |
| 0,0857 | 0,91806 | 0,0913 | 1,04196 | 0,0969 | 1,17370 | 0,1025 | 1,31328 | 0,1081 | 1,46070 |
| 0,0858 | 0,92020 | 0,0914 | 1,04424 | 0,0970 | 1,17612 | 0,1026 | 1,31584 | 0,1082 | 1,46340 |
| 0,0859 | 0,92235 | 0,0915 | 1,04653 | 0,0971 | 1,17855 | 0,1027 | 1,31841 | 0,1083 | 1,46611 |
| 0,0860 | 0,92450 | 0,0916 | 1,04882 | 0,0972 | 1,18098 | 0,1028 | 1,32098 | 0,1084 | 1,46882 |
| 0,0861 | 0,92665 | 0,0917 | 1,05111 | 0,0973 | 1,18341 | 0,1029 | 1,32355 | 0,1085 | 1,47153 |
| 0,0862 | 0,92880 | 0,0918 | 1,05340 | 0,0974 | 1,18584 | 0,1030 | 1,32612 | 0,1086 | 1,47424 |
| 0,0863 | 0,93096 | 0,0919 | 1,05570 | 0,0975 | 1,18828 | 0,1031 | 1,32870 | 0,1087 | 1,47696 |
| 0,0864 | 0,93312 | 0,0920 | 1,05800 | 0,0976 | 1,19072 | 0,1032 | 1,33128 | 0,1088 | 1,47968 |
| 0,0865 | 0,93528 | 0,0921 | 1,06030 | 0,0977 | 1,19316 | 0,1033 | 1,33386 | 0,1089 | 1,48240 |
| 0,0866 | 0,93744 | 0,0922 | 1,06260 | 0,0978 | 1,19560 | 0,1034 | 1,33644 | 0,1090 | 1,48512 |
| 0,0867 | 0,93961 | 0,0923 | 1,06491 | 0,0979 | 1,19805 | 0,1035 | 1,33903 | 0,1091 | 1,48785 |
| 0,0868 | 0,94178 | 0,0924 | 1,06722 | 0,0980 | 1,20050 | 0,1036 | 1,34162 | 0,1092 | 1,49058 |
| 0,0869 | 0,94395 | 0,0925 | 1,06953 | 0,0981 | 1,20295 | 0,1037 | 1,34421 | 0,1093 | 1,49331 |
| 0,0870 | 0,94612 | 0,0926 | 1,07184 | 0,0982 | 1,20540 | 0,1038 | 1,34680 | 0,1094 | 1,49604 |
| 0,0871 | 0,94830 | 0,0927 | 1,07416 | 0,0983 | 1,20786 | 0,1039 | 1,34940 | 0,1095 | 1,49878 |
| 0,0872 | 0,95048 | 0,0928 | 1,07648 | 0,0984 | 1,21032 | 0,1040 | 1,35200 | 0,1096 | 1,50152 |
| 0,0873 | 0,95266 | 0,0929 | 1,07880 | 0,0985 | 1,21278 | 0,1041 | 1,35460 | 0,1097 | 1,50426 |
| 0,0874 | 0,95484 | 0,0930 | 1,08112 | 0,0986 | 1,21524 | 0,1042 | 1,35720 | 0,1098 | 1,50700 |
| 0,0875 | 0,95703 | 0,0931 | 1,08345 | 0,0987 | 1,21771 | 0,1043 | 1,35981 | 0,1099 | 1,50975 |
| 0,0876 | 0,95922 | 0,0932 | 1,08578 | 0,0988 | 1,22018 | 0,1044 | 1,36242 | 0,1100 | 1,51250 |
| 0,0877 | 0,96141 | 0,0933 | 1,08811 | 0,0989 | 1,22265 | 0,1045 | 1,36503 | 0,1101 | 1,51525 |
| 0,0878 | 0,96360 | 0,0934 | 1,09044 | 0,0990 | 1,22512 | 0,1046 | 1,36764 | 0,1102 | 1,51800 |
| 0,0879 | 0,96580 | 0,0935 | 1,09278 | 0,0991 | 1,22760 | 0,1047 | 1,37026 | 0,1103 | 1,52076 |
| 0,0880 | 0,96800 | 0,0936 | 1,09512 | 0,0992 | 1,23008 | 0,1048 | 1,37288 | 0,1104 | 1,52352 |
| 0,0881 | 0,97020 | 0,0937 | 1,09146 | 0,0993 | 1,23256 | 0,1049 | 1,37550 | 0,1105 | 1,52628 |
| 0,0882 | 0,97240 | 0,0938 | 1,09980 | 0,0994 | 1,23504 | 0,1050 | 1,37812 | 0,1106 | 1,52904 |
| 0,0883 | 0,97461 | 0,0939 | 1,10215 | 0,0995 | 1,23753 | 0,1051 | 1,38075 | 0,1107 | 1,53181 |
| 0,0884 | 0,97682 | 0,0940 | 1,10450 | 0,0996 | 1,24002 | 0,1052 | 1,38338 | 0,1108 | 1,53458 |
| 0,0885 | 0,97903 | 0,0941 | 1,10685 | 0,0997 | 1,24251 | 0,1053 | 1,38601 | 0,1109 | 1,53735 |

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1110 | 1,54012 | 0,1166 | 1,69944 | 0,1222 | 1,86660 | 0,1278 | 2,04160 | 0,1334 | 2,22444 |
| 0,1111 | 1,54290 | 0,1167 | 1,70236 | 0,1223 | 1,86966 | 0,1279 | 2,04480 | 0,1335 | 2,22778 |
| 0,1112 | 1,54568 | 0,1168 | 1,70528 | 0,1224 | 1,87272 | 0,1280 | 2,04800 | 0,1336 | 2,23112 |
| 0,1113 | 1,54846 | 0,1169 | 1,70820 | 0,1225 | 1,87578 | 0,1281 | 2,05120 | 0,1337 | 2,23446 |
| 0,1114 | 1,55124 | 0,1170 | 1,71112 | 0,1226 | 1,87884 | 0,1282 | 2,05440 | 0,1338 | 2,23780 |
| 0,1115 | 1,55403 | 0,1171 | 1,71405 | 0,1227 | 1,88191 | 0,1283 | 2,05761 | 0,1339 | 2,24115 |
| 0,1116 | 1,55682 | 0,1172 | 1,71698 | 0,1228 | 1,88498 | 0,1284 | 2,06082 | 0,1340 | 2,24450 |
| 0,1117 | 1,55961 | 0,1173 | 1,71991 | 0,1229 | 1,88805 | 0,1285 | 2,06403 | 0,1341 | 2,24785 |
| 0,1118 | 1,56240 | 0,1174 | 1,72284 | 0,1230 | 1,89112 | 0,1286 | 2,06724 | 0,1342 | 2,25120 |
| 0,1119 | 1,56520 | 0,1175 | 1,72578 | 0,1231 | 1,89420 | 0,1287 | 2,07046 | 0,1343 | 2,25456 |
| 0,1120 | 1,56800 | 0,1176 | 1.72872 | 0,1232 | 1,89728 | 0,1288 | 2,07368 | 0,1344 | 2,25792 |
| 0,1121 | 1,57080 | 0,1177 | 1,73166 | 0,1233 | 1,90036 | 0,1289 | 2,07690 | 0,1345 | 2,26128 |
| 0,1122 | 1,57360 | 0,1178 | 1,73460 | 0,1234 | 1,90344 | 0,1290 | 2,08012 | 0,1346 | 2,26464 |
| 0,1123 | 1,57641 | 0,1179 | 1,73755 | 0,1235 | 1,90653 | 0,1291 | 2,08335 | 0,1347 | 2,26801 |
| 0,1124 | 1,57922 | 0,1180 | 1,74050 | 0,1236 | 1,90962 | 0,1292 | 2,08658 | 0,1348 | 2,27138 |
| 0,1125 | 1,58203 | 0,1181 | 1,74345 | 0,1237 | 1,91271 | 0,1293 | 2,08981 | 0,1349 | 2,27475 |
| 0,1126 | 1,58484 | 0,1182 | 1,74640 | 0,1238 | 1,91580 | 0,1294 | 2,09304 | 0,1350 | 2,27812 |
| 0,1127 | 1,58766 | 0,1183 | 1,74936 | 0,1239 | 1,91890 | 0,1295 | 2,09628 | 0,1351 | 2,28150 |
| 0,1128 | 1,59047 | 0,1184 | 1,75232 | 0,1240 | 1,92200 | 0,1296 | 2,09957 | 0,1352 | 2,28488 |
| 0,1129 | 1,59330 | 0,1185 | 1,75528 | 0,1241 | 1,92510 | 0,1297 | 2,10276 | 0,1353 | 2,28826 |
| 0,1130 | 1,59612 | 0,1186 | 1,75824 | 0,1242 | 1,92820 | 0,1298 | 2,10600 | 0,1354 | 2,29164 |
| 0,1131 | 1,59895 | 0,1187 | 1,76121 | 0,1243 | 1,93131 | 0,1299 | 2,10925 | 0,1355 | 2,29503 |
| 0,1132 | 1,60178 | 0,1188 | 1,76418 | 0,1244 | 1,93442 | 0,1300 | 2,11250 | 0,1356 | 2,29842 |
| 0,1133 | 1,60461 | 0,1189 | 1,76715 | 0,1245 | 1.93753 | 0,1301 | 2,11575 | 0,1357 | 2,30181 |
| 0,1134 | 1,60744 | 0,1190 | 1,77012 | 0,1246 | 1,94064 | 0,1302 | 2,11900 | 0,1358 | 2,30520 |
| 0,1135 | 1,61028 | 0,1191 | 1,77310 | 0,1247 | 1,94376 | 0,1303 | 2,12226 | 0,1359 | 2,30860 |
| 0,1136 | 1,61312 | 0,1192 | 1,77608 | 0,1248 | 1,94688 | 0,1304 | 2,12552 | 0,1360 | 2,31200 |
| 0,1137 | 1,61596 | 0,1193 | 1,77906 | 0,1249 | 1,95000 | 0,1305 | 2,12878 | 0,1361 | 2,31540 |
| 0,1138 | 1,61880 | 0,1194 | 1,78204 | 0,1250 | 1,95312 | 0,1306 | 2,13204 | 0,1362 | 2,31880 |
| 0,1139 | 1,62165 | 0,1195 | 1,78503 | 0,1251 | 1,95625 | 0,1307 | 2,13531 | 0,1363 | 2,32221 |
| 0,1140 | 1,62450 | 0,1196 | 1,78802 | 0,1252 | 1,95938 | 0,1308 | 2,13858 | 0,1364 | 2,32562 |
| 0,1141 | 1,62735 | 0,1197 | 1,79101 | 0,1253 | 1,96251 | 0,1309 | 2,14185 | 0,1365 | 2,32903 |
| 0,1142 | 1,63020 | 0,1198 | 1,79405 | 0,1254 | 1,96564 | 0,1310 | 2,14512 | 0,1366 | 2,33244 |
| 0,1143 | 1,63306 | 0,1199 | 1,79700 | 0,1255 | 1,96878 | 0,1311 | 2,14840 | 0,1367 | 2,33586 |
| 0,1144 | 1,63592 | 0,1200 | 1,80000 | 0,1256 | 1,97192 | 0,1312 | 2,15168 | 0,1368 | 2,33928 |
| 0,1145 | 1,63878 | 0,1201 | 1,80300 | 0,1257 | 1,97506 | 0,1313 | 2,15496 | 0,1369 | 2,34270 |
| 0,1146 | 1,64164 | 0,1202 | 1,80600 | 0,1258 | 1,97820 | 0,1314 | 2,15824 | 0,1370 | 2,34612 |
| 0,1147 | 1,64451 | 0,1203 | 1,80901 | 0,1259 | 1,98135 | 0,1315 | 2,16153 | 0,1371 | 2,34955 |
| 0,1148 | 1,64738 | 0,1204 | 1,81202 | 0,1260 | 1,98450 | 0,1316 | 2,16482 | 0,1372 | 2,35298 |
| 0,1149 | 1,65025 | 0,1205 | 1,81503 | 0,1261 | 1,98765 | 0,1317 | 2,16811 | 0,1373 | 2,35641 |
| 0,1150 | 1,65312 | 0,1206 | 1,81804 | 0,1262 | 1,99080 | 0,1318 | 2,17130 | 0,1374 | 2,35984 |
| 0,1151 | 1.65600 | 0,1207 | 1,82106 | 0,1263 | 1,99521 | 0,1319 | 2,17470 | 0,1375 | 2,36328 |
| 0,1152 | 1,65888 | 0,1208 | 1,82408 | 0,1264 | 1,99712 | 0,1320 | 2,17800 | 0,1376 | 2,36672 |
| 0,1153 | 1,66176 | 0,1209 | 1,82710 | 0,1265 | 2,00028 | 0,1321 | 2,18130 | 0,1377 | 2,37016 |
| 0,1154 | 1,66464 | 0,1210 | 1,83012 | 0,1266 | 2,00344 | 0,1322 | 2,18460 | 0,1378 | 2,37360 |
| 0,1155 | 1,66753 | 0,1211 | 1,83315 | 0,1267 | 2,00661 | 0,1323 | 2,18791 | 0,1379 | 2,37705 |
| 0,1156 | 1,67042 | 0,1212 | 1,83618 | 0,1268 | 2,00978 | 0,1324 | 2,19122 | 0,1380 | 2,38050 |
| 0,1157 | 1,67331 | 0,1213 | 1,83921 | 0,1269 | 2,01295 | 0,1325 | 2,19453 | 0,1381 | 2,38395 |
| 0,1158 | 1,67620 | 0,1214 | 1,84224 | 0,1270 | 2,01612 | 0,1426 | 2,19784 | 0,1382 | 2,38740 |
| 0,1159 | 1,67910 | 0,1215 | 1,84528 | 0,1271 | 2,01930 | 0,1327 | 2,20116 | 0,1383 | 2,39086 |
| 0,1160 | 1,68200 | 0,1216 | 1,84832 | 0,1272 | 2.02498 | 0,1328 | 2,20444 | 0,1384 | 2,39332 |
| 0,1161 | 1,68490 | 0,1217 | 1,85136 | 0,1273 | 2,02566 | 0,1329 | 2,20780 | 0,1385 | 2,39778 |
| 0,1162 | 1,68780 | 0,1218 | 1,85440 | 0,1274 | 2,02884 | 0,1330 | 2,21112 | 0,1386 | 2,40124 |
| 0,1163 | 1,69071 | 0,1219 | 1,85745 | 0,1275 | 2,03203 | 0,1331 | 2,21445 | 0,1387 | 2,40471 |
| 0,1164 | 1,69362 | 0,1220 | 1,86050 | 0,1276 | 2,03522 | 0,1332 | 2,21778 | 0,1388 | 2,40818 |
| 0,1165 | 1,69653 | 0,1221 | 1,86355 | 0,1277 | 2,03841 | 0,1333 | 2,22111 | 0,1389 | 2,41165 |

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1390 | 2,41512 | 0,1446 | 2,61364 | 0,1502 | 2,82000 | 0,1558 | 3,03420 | 0,1614 | 3,25624 |
| 0,1391 | 2,41860 | 0,1447 | 2,61726 | 0,1503 | 2,82376 | 0,1559 | 3,03810 | 0,1615 | 3,26028 |
| 0,1392 | 2,42208 | 0,1448 | 2,62088 | 0,1504 | 2,82752 | 0,1560 | 3,04200 | 0,1616 | 3,26432 |
| 0,1393 | 2,42556 | 0,1449 | 2,62450 | 0,1505 | 2,83128 | 0,1561 | 3,04590 | 0,1617 | 3,26836 |
| 0,1394 | 2,42904 | 0,1450 | 2,61812 | 0,1506 | 2,83504 | 0,1562 | 3,04980 | 0,1618 | 3,27240 |
| 0,1395 | 2,43253 | 0,1451 | 2,63175 | 0,1507 | 2,83881 | 0,1563 | 3,05371 | 0,1619 | 3,27645 |
| 0,1396 | 2,43602 | 0,1452 | 2,63538 | 0,1508 | 2,84258 | 0,1564 | 3,05762 | 0,1620 | 3,28050 |
| 0,1397 | 2,43951 | 0,1453 | 2,63901 | 0,1509 | 2,84635 | 0,1565 | 3,06153 | 0,1621 | 3,28455 |
| 0,1398 | 2,44300 | 0,1454 | 2,54264 | 0,1510 | 2,85012 | 0,1566 | 3,06544 | 0,1622 | 3,28860 |
| 0,1399 | 2,44650 | 0,1455 | 2,64628 | 0,1511 | 2,85390 | 0,1567 | 3,06936 | 0,1623 | 3,29266 |
| 0,1400 | 2,45000 | 0,1456 | 2,64992 | 0,1512 | 2,85768 | 0,1568 | 3,07328 | 0,1624 | 3,29672 |
| 0,1401 | 2,45530 | 0,1447 | 2,65356 | 0,1513 | 2,86146 | 0,1569 | 3,07720 | 0,1625 | 3,30078 |
| 0,1402 | 2,45700 | 0,1458 | 2,65720 | 0,1514 | 2,86524 | 0,1570 | 3,08112 | 0,1626 | 3,30484 |
| 0,1403 | 2,46051 | 0,1459 | 2,66085 | 0,1515 | 2,86903 | 0,1571 | 3,08505 | 0,1627 | 3,30891 |
| 0,1404 | 2,46402 | 0,1460 | 2,66450 | 0,1516 | 2,87282 | 0,1572 | 3,08898 | 0,1628 | 3,31298 |
| 0,1405 | 2,46753 | 0,1461 | 2,66815 | 0,1517 | 2,87661 | 0,1573 | 3,09291 | 0,1629 | 3,31705 |
| 0,1406 | 2,47104 | 0,1462 | 2,67180 | 0,1518 | 2,88040 | 0,1574 | 3,09684 | 0,1630 | 3,32112 |
| 0,1407 | 2,47456 | 0,1463 | 2,67546 | 0,1519 | 2,88420 | 0,1575 | 3,10078 | 0,1631 | 3,32520 |
| 0,1408 | 2,47808 | 0,1464 | 2,67912 | 0,1520 | 2,88800 | 0,1576 | 3,10472 | 0,1632 | 3,32928 |
| 0,1409 | 2,48160 | 0,1465 | 2,68278 | 0,1521 | 2,89180 | 0,1577 | 3,10866 | 0,1633 | 3,33336 |
| 0,1410 | 2,48512 | 0,1466 | 2,68644 | 0,1522 | 2,89560 | 0,1578 | 3,11260 | 0,1634 | 3,33744 |
| 0,1411 | 2,48865 | 0,1467 | 2,69011 | 0,1523 | 2,89941 | 0,1579 | 3,11655 | 0,1635 | 3,34153 |
| 0,1412 | 2,49218 | 0,1468 | 2,69378 | 0,1524 | 2,90322 | 0,1580 | 3,12050 | 0,1636 | 3,34562 |
| 0,1413 | 3,49571 | 0,1469 | 2,69745 | 0,1525 | 2,90703 | 0,1581 | 3,12445 | 0,1637 | 3,34971 |
| 0,1414 | 2,49924 | 0,1470 | 2,70112 | 0,1526 | 2,91084 | 0,1582 | 3,12840 | 0,1638 | 3,35380 |
| 0,1415 | 2,50278 | 0,1471 | 2,70480 | 0,1527 | 2,91466 | 0,1583 | 3,13236 | 0,1639 | 3,35790 |
| 0,1416 | 2,50632 | 0,1472 | 2,70848 | 0,1528 | 2,91848 | 0,1584 | 3,13632 | 0,1640 | 3,36200 |
| 0,1417 | 2,50986 | 0,1473 | 2,71216 | 0,1529 | 2,92230 | 0,1585 | 3,14028 | 0,1641 | 3,36610 |
| 0,1418 | 2,51340 | 0,1474 | 2,71584 | 0,1530 | 2,82612 | 0,1586 | 3,14424 | 0,1642 | 3,37020 |
| 0,1419 | 2,51695 | 0,1475 | 2,71953 | 0,1531 | 2,92995 | 0,1587 | 3,14821 | 0,1643 | 3,37431 |
| 0,1420 | 2,52050 | 0,1476 | 2,72322 | 0,1532 | 2,93378 | 0,1588 | 3,15218 | 0,1644 | 3,37842 |
| 0,1421 | 2,52405 | 0,1477 | 2,72691 | 0,1533 | 2,93761 | 0,1589 | 3,15615 | 0,1645 | 3,38253 |
| 0,1422 | 2,52760 | 0,1478 | 2,73060 | 0,1534 | 2,94144 | 0,1590 | 3,16012 | 0,1646 | 3,38664 |
| 0,1423 | 2,53116 | 0,1479 | 2,73430 | 0,1535 | 2,94528 | 0,1591 | 3,16410 | 0,1647 | 3,39076 |
| 0,1424 | 2,53472 | 0,1480 | 2,73800 | 0,1536 | 2,94912 | 0,1592 | 3,16808 | 0,1648 | 3,39488 |
| 0,1425 | 2,53828 | 0,1481 | 2,74170 | 0,1537 | 2,95296 | 0,1593 | 3,17206 | 0,1649 | 3,39900 |
| 0,1426 | 2,54184 | 0,1482 | 2,74540 | 0,1538 | 2,95680 | 0,1594 | 3,17604 | 0,1650 | 3,40312 |
| 0,1427 | 2,54541 | 0,1483 | 2,74911 | 0,1539 | 2,96065 | 0,1595 | 3,18003 | 0,1651 | 3,40725 |
| 0,1428 | 2,54898 | 0,1484 | 2,75282 | 0,1540 | 2,96450 | 0,1596 | 3,18402 | 0,1652 | 3,44138 |
| 0,1429 | 2,55255 | 0,1485 | 2,75653 | 0,1541 | 2,96835 | 0,1597 | 3,18801 | 0,1653 | 3,41551 |
| 0,1430 | 2,55612 | 0,1486 | 2,76024 | 0,1542 | 2,97220 | 0,1598 | 3,19200 | 0,1654 | 3,41964 |
| 0,1431 | 2,55970 | 0,1487 | 2,76396 | 0,1543 | 2,97606 | 0,1599 | 3,19600 | 0,1655 | 3,42378 |
| 0,1432 | 2,56328 | 0,1488 | 2,76768 | 0,1544 | 2,97992 | 0,1600 | 3,20000 | 0,1656 | 3,42792 |
| 0,1433 | 2,56686 | 0,1489 | 2,77140 | 0,1545 | 2,98378 | 0,1601 | 3,20400 | 0,1657 | 3,43206 |
| 0,1434 | 2,57044 | 0,1490 | 2,77512 | 0,1546 | 2,98764 | 0,1602 | 3,20800 | 0,1658 | 3,43620 |
| 0,1435 | 2,57403 | 0,1491 | 2,77885 | 0,1547 | 2,99151 | 0,1603 | 3,21201 | 0,1659 | 3,44110 |
| 0,1436 | 2,57762 | 0,1492 | 2,78258 | 0,1548 | 2,99538 | 0,1604 | 3,21602 | 0,1660 | 3,44450 |
| 0,1437 | 2,58121 | 0,1493 | 2,78631 | 0,1549 | 2,99925 | 0,1605 | 3,22003 | 0,1661 | 3,44865 |
| 0,1438 | 2,58480 | 0,1494 | 3,79004 | 0,1550 | 3,00312 | 0,1606 | 3,22404 | 0,1662 | 3,45280 |
| 0,1439 | 2,58840 | 0,1495 | 2,79378 | 0,1551 | 3,00700 | 0,1607 | 3,22806 | 0,1663 | 3,45696 |
| 0,1440 | 2,59200 | 0,1496 | 2,79752 | 0,1552 | 3,01088 | 0,1608 | 3,23208 | 0,1664 | 3,46112 |
| 0,1441 | 2,59560 | 0,1497 | 2,80126 | 0,1553 | 3,01476 | 0,1609 | 3,23610 | 0,1665 | 3,46528 |
| 0,1442 | 2,59920 | 0,1498 | 2,80500 | 0,1554 | 3,01864 | 0,1610 | 3,24012 | 0,1666 | 3,46944 |
| 0,1443 | 2,60281 | 0,1499 | 2,80875 | 0,1555 | 3,02253 | 0,1611 | 3,24415 | 0,1667 | 3,47361 |
| 0,1444 | 2,60642 | 0,1500 | 2,81250 | 0,1556 | 3,02642 | 0,1612 | 3,24818 | 0,1668 | 3,47778 |
| 0,1445 | 2,61003 | 0,1501 | 2,81625 | 0,1557 | 3,03031 | 0,1613 | 3,25221 | 0,1669 | 3,48195 |

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1670 | 3,48612 | 0,1726 | 3,72384 | 0,1782 | 3 96940 | 0,1838 | 4,22280 | 0,1894 | 4,48404 |
| 0,1671 | 3,49930 | 0,1727 | 3,72816 | 0,1783 | 3,97386 | 0,1839 | 4,22740 | 0,1895 | 4,48878 |
| 0,1672 | 3,49448 | 0,1728 | 3,73248 | 0,1784 | 3,97832 | 0,1840 | 4,23200 | 0,1896 | 4,49352 |
| 0,1673 | 3,49866 | 0,1729 | 3,73680 | 0,1785 | 3,98278 | 0,1841 | 4,23660 | 0,1897 | 4,49826 |
| 0,1674 | 3,50284 | 0,1730 | 3,74112 | 0,1786 | 3,98724 | 0,1842 | 4,24120 | 0,1898 | 4,50300 |
| 0,1675 | 3,50703 | 0,1731 | 3,74545 | 0,1787 | 3,99171 | 0,1843 | 4,24581 | 0,1899 | 4,50775 |
| 0,1676 | 3,51122 | 0,1732 | 3,74978 | 0,1788 | 3,99618 | 0,1844 | 4,25042 | 0,1900 | 4,51250 |
| 0,1677 | 3,51541 | 0,1733 | 3,75911 | 0,1789 | 4,00065 | 0,1845 | 4,25503 | 0,1901 | 4,51725 |
| 0,1678 | 3,51960 | 0,1734 | 3,75844 | 0,1790 | 4,00512 | 0,1846 | 4,25964 | 0,1902 | 4,52200 |
| 0,1679 | 3,52380 | 0,1735 | 3,76278 | 0,1791 | 4,00960 | 0,1847 | 4,26426 | 0,1903 | 4,52676 |
| 0,1680 | 3,52800 | 0,1736 | 3,76712 | 0,1792 | 4,01408 | 0,1848 | 4,26888 | 0,1904 | 4,53152 |
| 0,1681 | 3,53220 | 0,1737 | 3,77146 | 0,1793 | 4,01856 | 0,1849 | 4,27350 | 0,1905 | 4,53628 |
| 0,1682 | 3,53640 | 0,1738 | 3,77580 | 0,1794 | 4,02304 | 0,1850 | 4,27812 | 0,1906 | 4,54104 |
| 0,1683 | 3,54061 | 0,1739 | 3,78015 | 0,1795 | 4,02753 | 0,1851 | 4,28275 | 0,1907 | 4,54581 |
| 0,1684 | 3,54482 | 0,1740 | 3,78450 | 0,1796 | 4,03202 | 0,1852 | 4,28738 | 0,1908 | 4,55058 |
| 0,1685 | 3,54903 | 0,1741 | 3,78885 | 0,1797 | 4,03651 | 0,1853 | 4,29201 | 0,1909 | 4,55535 |
| 0,1686 | 3,55324 | 0,1742 | 3,79320 | 0,1798 | 4,04100 | 0,1854 | 4,29664 | 0,1910 | 4,56012 |
| 0,1687 | 3,55746 | 0,1743 | 3,79756 | 0,1799 | 4,04550 | 0,1855 | 4,30128 | 0,1911 | 4,56490 |
| 0,1688 | 3,56168 | 0,1744 | 3,80192 | 0,1800 | 4,05000 | 0,1856 | 4,30592 | 0,1912 | 4,56968 |
| 0,1689 | 3,56590 | 0,1745 | 3,80628 | 0,1801 | 4,05450 | 0,1857 | 4,31056 | 0,1913 | 4,57446 |
| 0,1690 | 3,57012 | 0,1746 | 3,81064 | 0,1802 | 4,05900 | 0,1858 | 4,31520 | 0,1914 | 4,57924 |
| 0,1691 | 3,57435 | 0,1747 | 3,81501 | 0,1803 | 4,06351 | 0,1859 | 4,31985 | 0,1915 | 4,58403 |
| 0,1692 | 3,57858 | 0,1748 | 3,81938 | 0,1804 | 4,06802 | 0,1860 | 4,32450 | 0,1916 | 4,58882 |
| 0,1693 | 3,58281 | 0,1749 | 3,82375 | 0,1805 | 4,07253 | 0,1861 | 4,32915 | 0,1917 | 4,59361 |
| 0,1694 | 3,58704 | 0,1750 | 3,82812 | 0,1806 | 4,07704 | 0,1862 | 4,33380 | 0,1918 | 4,59840 |
| 0,1695 | 3,59128 | 0,1751 | 3,83250 | 0,1807 | 4,08156 | 0,1863 | 4,33846 | 0,1919 | 4,60320 |
| 0,1696 | 3,59552 | 0,1752 | 3,83688 | 0,1808 | 4,08608 | 0,1864 | 4,34312 | 0,1920 | 4,60800 |
| 0,1697 | 3,59976 | 0,1753 | 3 84126 | 0,1809 | 4,09060 | 0,1865 | 4,34778 | 0,1921 | 4,61280 |
| 0,1698 | 3,60400 | 0,1754 | 3,84564 | 0,1810 | 4,09512 | 0,1866 | 4,35244 | 0,1922 | 4,61760 |
| 0,1699 | 3,60825 | 0,1755 | 3,85003 | 0,1811 | 4,09965 | 0,1867 | 4,35711 | 0,1923 | 4,62241 |
| 0,1700 | 3,61250 | 0,1756 | 3,85442 | 0,1812 | 4,10418 | 0,1868 | 4,36178 | 0,1924 | 4,62722 |
| 0,1701 | 3,61675 | 0,1757 | 3,85881 | 0,1813 | 4,10871 | 0,1869 | 4,36645 | 0,1925 | 4,63203 |
| 0,1702 | 3,62100 | 0,1758 | 3,86320 | 0,1814 | 4,11324 | 0,1870 | 4,37112 | 0,1926 | 4,63684 |
| 0,1703 | 3,62526 | 0,1759 | 3,86760 | 0,1815 | 4,11778 | 0,1871 | 4,37580 | 0,1927 | 4,64166 |
| 0,1704 | 3,62952 | 0,1760 | 3,87200 | 0,1816 | 4,12232 | 0,1872 | 4,38048 | 0,1928 | 4,64648 |
| 0,1705 | 3,63378 | 0,1761 | 3,87640 | 0,1817 | 4,12686 | 0,1873 | 4,38516 | 0,1929 | 4,65130 |
| 0,1706 | 3,63804 | 0,1762 | 3,88080 | 0,1818 | 4,13140 | 0,1874 | 4,38984 | 0,1930 | 4,65612 |
| 0,1707 | 3,64231 | 0,1763 | 3,88521 | 0,1819 | 4,13595 | 0,1875 | 4,39453 | 0,1931 | 4,66095 |
| 0,1708 | 3,64658 | 0,1764 | 3,88962 | 0,1820 | 4,14050 | 0,1876 | 4,39922 | 0,1932 | 4,66578 |
| 0,1709 | 3,65085 | 0,1765 | 3,89403 | 0,1821 | 4,14505 | 0,1877 | 4,40391 | 0,1933 | 4,67061 |
| 0,1710 | 3,65525 | 0,1766 | 3,89844 | 0,1822 | 4,14960 | 0,1878 | 4,40860 | 0,1934 | 4,67544 |
| 0,1711 | 3,65940 | 0,1767 | 3,90286 | 0,1823 | 4,15416 | 0,1879 | 4,41330 | 0,1935 | 4,68028 |
| 0,1712 | 3,66368 | 0,1768 | 3,90728 | 0,1824 | 4,15872 | 0,1880 | 4,41800 | 0,1936 | 4,68512 |
| 0,1713 | 3,66796 | 0,1769 | 3,91170 | 0,1825 | 4,16328 | 0,1881 | 4,42270 | 0,1937 | 4,68996 |
| 0,1714 | 3,67224 | 0,1770 | 3,91612 | 0,1826 | 4,16784 | 0,1882 | 4,42740 | 0,1938 | 4,69480 |
| 0,1715 | 3,67653 | 0,1771 | 3,92055 | 0,1827 | 4,17241 | 0,1883 | 4,43211 | 0,1939 | 4,69965 |
| 0,1716 | 3,68082 | 0,1772 | 3,92498 | 0,1828 | 4,17698 | 0,1884 | 4,43682 | 0,1940 | 4,70450 |
| 0,1717 | 3,68511 | 0,1773 | 3,92941 | 0,1829 | 4,18155 | 0,1885 | 4,44153 | 0,1941 | 4,70935 |
| 0,1718 | 3,68940 | 0,1774 | 3,93384 | 0,1830 | 4,18612 | 0,1886 | 4,44624 | 0,1942 | 4,71420 |
| 0,1719 | 3,69370 | 0,1775 | 3,93828 | 0,1831 | 4,19070 | 0,1887 | 4,45096 | 0,1943 | 4,71906 |
| 0,1720 | 3,69800 | 0,1776 | 3,94272 | 0,1832 | 4,19528 | 0,1888 | 4,45568 | 0,1944 | 4,72392 |
| 0,1721 | 3,70230 | 0,1777 | 3,94716 | 0,1833 | 4,19986 | 0,1889 | 4,46040 | 0,1945 | 4,72878 |
| 0,1722 | 3,70660 | 0,1778 | 3,95160 | 0,1834 | 4,20444 | 0,1890 | 4,46512 | 0,1946 | 4,73364 |
| 0,1723 | 3,71091 | 0,1779 | 3,95605 | 0,1835 | 4,20903 | 0,1891 | 4,46985 | 0,1947 | 4,73851 |
| 0,1724 | 3,71522 | 0,1780 | 3,96050 | 0,1836 | 4,21362 | 0,1892 | 4,47458 | 0,1948 | 4,74338 |
| 0,1725 | 3,71953 | 0,1781 | 3,96495 | 0,1837 | 4,21821 | 0,1893 | 4,47931 | 0,1949 | 4,74825 |

| ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M | ± u | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1950 | 4,75312 | 0,2006 | 5,03004 | 0,2062 | 5,31480 | 0,2118 | 5,60740 | 0,2174 | 5,90784 |
| 0,1951 | 4,75800 | 0,2007 | 5,03506 | 0,2063 | 5,31996 | 0,2119 | 5,61270 | 0,2175 | 5,91328 |
| 0,1952 | 4,76288 | 0,2008 | 5,04008 | 0,2064 | 5,32512 | 0,2120 | 5,61800 | 0,2176 | 5,91872 |
| 0,1953 | 4,76776 | 0,2009 | 5,04510 | 0,2065 | 5,33028 | 0,2121 | 5,62310 | 0,2177 | 5,92416 |
| 0,1954 | 4,77264 | 0,2010 | 5,05512 | 0,2066 | 5,33544 | 0,2122 | 5,62860 | 0,2178 | 5,92960 |
| 0,1955 | 4,77753 | 0,2011 | 5,05515 | 0,2067 | 5,34061 | 0,2123 | 5,63391 | 0,2179 | 5,93505 |
| 0,1956 | 4,78242 | 0,2012 | 5,06018 | 0,2068 | 5,34578 | 0,2124 | 5,63922 | 0,2180 | 5,94050 |
| 0,1957 | 4,78731 | 0,2013 | 5,06521 | 0,2069 | 5,35095 | 0,2125 | 5,64453 | 0,2181 | 5,94595 |
| 0,1958 | 4,79220 | 0,2014 | 5,07024 | 0,2070 | 5,35612 | 0,2126 | 5,64984 | 0,2182 | 5,95140 |
| 0,1959 | 4,79710 | 0,2015 | 5,07528 | 0,2071 | 5,36175 | 0,2127 | 5,65516 | 0,2183 | 5,95686 |
| 0,1960 | 4,80200 | 0,2016 | 5,08032 | 0,2072 | 5,36648 | 0,2128 | 5,66048 | 0,2184 | 5,96232 |
| 0,1961 | 4,80690 | 0,2017 | 5,08536 | 0,2073 | 5,37166 | 0,2129 | 5,66580 | 0,2185 | 5,96778 |
| 0,1962 | 4,81180 | 0,2018 | 5,09040 | 0,2074 | 5,37684 | 0,2130 | 5,67112 | 0,2186 | 5,97324 |
| 0,1963 | 4,81671 | 0,2019 | 5,09545 | 0,2075 | 5,38203 | 0,2131 | 5,67645 | 0,2187 | 5,97871 |
| 0,1964 | 4,82162 | 0,2020 | 5,10050 | 0,2076 | 5,38722 | 0,2132 | 5,68178 | 0,2188 | 5,98418 |
| 0,1965 | 4,82653 | 0,2021 | 5,10555 | 0,2077 | 5,39241 | 0,2133 | 5,68711 | 0,2189 | 5,98965 |
| 0,1966 | 4,83144 | 0,2022 | 5,11060 | 0,2078 | 5,39760 | 0,2134 | 5,69244 | 0,2190 | 5,99512 |
| 0,1967 | 4,83636 | 0,2023 | 5,11566 | 0,2079 | 5,40280 | 0,2135 | 5,69778 | 0,2191 | 6,00060 |
| 0,1968 | 4,84128 | 0,2024 | 5,12072 | 0,2080 | 5,40800 | 0,2136 | 5,70312 | 0,2192 | 6,00608 |
| 0,1969 | 4,84620 | 0,2025 | 5,12578 | 0,2081 | 5,41320 | 0,2137 | 5,70846 | 0,2193 | 6,01156 |
| 0,1970 | 4,85112 | 0,2026 | 5,13084 | 0,2082 | 5,41840 | 0,2138 | 5,71380 | 0,2194 | 6,01704 |
| 0,1971 | 4,85605 | 0,2027 | 5,13591 | 0,2083 | 5,42361 | 0,2139 | 5,71915 | 0,2195 | 9,03351 |
| 0,1972 | 4,86098 | 0,2028 | 5,14098 | 0,2084 | 5,42882 | 0,2140 | 5,72450 | 0,2196 | 6,02802 |
| 0,1973 | 4,86591 | 0,2029 | 5,14605 | 0,2085 | 5,43403 | 0,2141 | 5,72985 | 0,2197 | 6,02253 |
| 0,1974 | 4,87084 | 0,2030 | 5,15112 | 0,2086 | 5,43924 | 0,2142 | 5,73520 | 0,2198 | 6,03900 |
| 0,1975 | 4,87578 | 0,2031 | 5,15620 | 0,2087 | 5,44446 | 0,2143 | 5,74056 | 0,2199 | 6,04450 |
| 0,1976 | 4,88072 | 0,2032 | 5,16128 | 0,2088 | 5,44968 | 0,2144 | 5,74592 | 0,2200 | 6,05000 |
| 0,1977 | 4,88566 | 0,2033 | 5,16636 | 0,2089 | 5,45490 | 0,2145 | 5,75128 | 0,2201 | 6,05550 |
| 0,1978 | 4,89060 | 0,2034 | 5,17144 | 0,2090 | 5,46012 | 0,2146 | 5,75664 | 0,2202 | 6,06100 |
| 0,1979 | 4,89555 | 0,2035 | 5,17653 | 0,2091 | 5,46535 | 0,2147 | 5,76201 | 0,2203 | 6,06651 |
| 0,1980 | 4,90050 | 0,2036 | 5,18162 | 0,2092 | 5,47058 | 0,2148 | 5,76738 | 0,2204 | 6,07202 |
| 0,1981 | 4,90545 | 0,2037 | 5,18671 | 0,2093 | 5,47581 | 0,2149 | 5,77275 | 0,2205 | 6,07753 |
| 0,1982 | 4,91040 | 0,2038 | 5,19180 | 0,2094 | 5,48104 | 0,2150 | 5,77812 | 0,2206 | 6,08304 |
| 0,1983 | 4,91536 | 0,2039 | 5,19690 | 0,2095 | 5,48628 | 0,2151 | 5,78350 | 0,2207 | 6,08856 |
| 0,1984 | 4,92032 | 0,2040 | 5,20200 | 0,2096 | 5,49152 | 0,2152 | 5,78888 | 0,2208 | 6,09408 |
| 0,1985 | 4,92528 | 0,2041 | 5,20710 | 0,2097 | 5,49676 | 0,2153 | 5,79426 | 0,2209 | 6,09960 |
| 0,1986 | 4,93024 | 0,2042 | 5,21220 | 0,2098 | 5,50200 | 0,2154 | 5,79964 | 0,2210 | 6,10512 |
| 0,1987 | 4,93521 | 0,2043 | 5,21731 | 0,2099 | 5,50725 | 0,2155 | 5,80503 | 0,2211 | 6,11065 |
| 0,1988 | 4,94018 | 0,2044 | 5,22242 | 0,2100 | 5,51250 | 0,2156 | 5,81042 | 0,2212 | 6,11618 |
| 0,1989 | 4,94515 | 0,2045 | 5,22753 | 0,2101 | 5,51775 | 0,2157 | 5,81581 | 0,2213 | 6,12171 |
| 0,1990 | 4,95012 | 0,2046 | 5,23264 | 0,2102 | 5,52300 | 0,2158 | 5,82120 | 0,2214 | 6,12724 |
| 0,1991 | 4,95510 | 0,2047 | 5,23776 | 0,2103 | 5,52826 | 0,2159 | 5,82660 | 0,2215 | 6,13278 |
| 0,1992 | 4,96008 | 0,2048 | 5,24288 | 0,2104 | 5,53352 | 0,2160 | 5,83200 | 0,2216 | 6,13832 |
| 0,1993 | 4,96506 | 0,2049 | 5,24800 | 0,2105 | 5,53878 | 0,2161 | 5,83740 | 0,2217 | 6,14386 |
| 0,1994 | 4,97004 | 0,2050 | 5,25312 | 0,2106 | 5,54404 | 0,2162 | 5,84280 | 0,2218 | 6,14940 |
| 0,1995 | 4,97503 | 0,2051 | 5,25825 | 0,2107 | 5,54931 | 0,2163 | 5,84821 | 0,2219 | 6,15495 |
| 0,1996 | 4,98002 | 0,2052 | 5,26338 | 0,2108 | 5,55458 | 0,2164 | 5,85362 | 0,2220 | 6,16050 |
| 0,1997 | 4,98501 | 0,2053 | 5,26851 | 0,2109 | 5,55985 | 0,2165 | 5,85903 | 0,2221 | 6,16605 |
| 0,1998 | 4,99000 | 0,2054 | 5,27364 | 0,2110 | 5,56512 | 0,2166 | 5,86444 | 0,2222 | 6,17160 |
| 0,1999 | 4,99500 | 0,2055 | 5,27878 | 0,2111 | 5,57040 | 0,2167 | 5,86986 | 0,2223 | 6,17716 |
| 0,2000 | 5,00000 | 0,2056 | 5,28392 | 0,2112 | 5,57568 | 0,2168 | 5,87528 | 0,2224 | 6,18272 |
| 0,2001 | 5,00500 | 0,2057 | 5,28906 | 0,2113 | 5,58096 | 0,2169 | 5,88070 | 0,2225 | 6,18828 |
| 0,2002 | 5,01000 | 0,2058 | 5,29420 | 0,2114 | 5,58624 | 0,2170 | 5,88612 | 0,2226 | 6,19384 |
| 0,2003 | 5,01501 | 0,2059 | 5,29935 | 0,2115 | 5,59153 | 0,2171 | 5,89155 | 0,2227 | 6,19941 |
| 0,2004 | 5,02002 | 0,2060 | 5,30450 | 0,2116 | 5,59682 | 0,2172 | 5,89698 | 0,2228 | 6,20498 |
| 0,2005 | 5,02503 | 0,2061 | 5,30965 | 0,2117 | 5,60211 | 0,2173 | 5,90241 | 0,2229 | 6,21055 |